# 3/8

# Het hobby-laboratorium

---

## Inhoud

## 3/8.11 Van schema tot kant en klaar apparaat

*(verschenen in de 128e aanvulling)*

## 3/8.12 Loodvrij solderen en de WEEE en RoHS richtlijnen

*(verschenen in de 130e aanvulling)*

[1] Dit hoofdstuk heeft een eigen inhoudsopgave

# 3/8.1

# Grondbeginselen van de meettechniek

Inhoud

## 3/8.1.11 Het meten van faseverschuivingen

*(verschenen in de 83 aanvulling)*

## 3/8.1.12 Het meten aan schakelaar- en relais-contacten

*(verschenen in de 88e aanvulling)*

## 3/8.1.13 Verkleinen en compenseren van meetfouten

*(verschenen in de 89e aanvulling)*

# 3/8.1 Grondbeginselen van de meettechniek

## 3/8.1.1 Basisbegrippen voor het meten van grootheden

Bij iedere meting wordt een bepaalde fysische grootheid (spanning, druk, temperatuur, etc.) vergeleken met een gestandaardiseerde referentie-waarde die ooit is vastgelegd en waardoor de mogelijkheid ontstaat verschillende waarden van de te meten grootheid met elkaar te vergelijken. Deze gestandaardiseerde referentie-waarde noemt men de eenheid.
Het resultaat van een meting bestaat dus steeds uit het produkt van gemeten waarde (een getal) en eenheid (een symbool). Zo betekent het resultaat van een spanningsmeting $U_a = 60$ V dat de op punt a gemeten spanning gelijk is aan 60 maal de eenheid Volt.

### Voorvoegsels

In de elektronica zal men echter in de meeste gevallen vaststellen dat de lang geleden gedefiniëerde eenheden ofwel veel te groot ofwel veel te klein zijn. Zelfs in de hobby-elektronica wordt men geconfronteerd met te meten spanningen die zowel 0,001 V als 1000 V kunnen zijn. In schakelingen voorkomende weerstanden kunnen zowel 0,47 Ohm als 1200000 Ohm bedragen!
Om nu de resultaten van de metingen enigszins overzichtelijk te houden werkt men met voorvoegsels voor de eenheden, die de eenheid zelf tot een macht van 10 verheffen.
In tabel 3/8.1.1-1 zijn alle tot nu toe gestandaardiseerde voorvoegsels overzichtelijk gerangschikt.

Enige voorbeelden:

1 mV = $1 \times 10^{-3}$ V = 0,001 V

120 k-Ohm = $120 \times 10^{3}$ Ohm = 120000 Ohm

13,4 μA = $13{,}4 \times 10^{-6}$ A = 0,0000134 A

Er bestaan echter twee grootheden die zich niet houden aan dit machten-van-tien systeem: de seconde en de hoek. Bij deze twee grootheden wordt de eenheid verdeeld in 60 gelijke delen en iedere "veelvoud"-eenheid is gelijk aan 60 maal de basiseenheid.
1 min = 60 s
1 hoek-graad = 60 hoek-minuten

### Het onderlinge verband tussen de grootheden

Er bestaan onvoorstelbaar veel fysische grootheden. Om er maar enige op te noemen:

- elektrische spanning
- magnetische flux
- mechanische versnelling
- elektrische capacitantie
- mechanische kracht

Al deze grootheden worden gedefinieerd door een eenheid. Nu bestaat over de naamgeving van deze eenheden nogal wat verwarring. In principe bestaan er slechts drie werkelijk fundamentele natuurkundige grootheden, namelijk massa, lengte en tijd! Deze drie-eenheid is zowel geldig in de micro-wereld van de atomen als in de macro wereld van het heelal.

De meeste natuurkundige grootheden zijn terug te brengen tot een interactie tussen minstens twee van de fundamentele grootheden. Zuiver wetenschappelijk gezien zou het dus het meest voor de hand liggen alle grootheden ook te benoemen naar de interactie tussen massa, lengte en tijd die aan de basis ligt van het bestaan van de grootheid.
In dit zogenoemde mks-eenhedenstelsel wordt bijvoorbeeld een kracht uitgedrukt in $kgm/s^2$. Het voordeel is dat men onmiddellijk de fysische achtergrond van het verschijnsel kan terugvinden.
Er bestaat echter een aantal grootheden dat niet zo eenvoudig (of in het geheel niet) terug te herleiden is tot de drie fundamentele grootheden zoals bijvoorbeeld elektrische weerstand. De internationaal erkende definitie van de eenheid van elektrische weerstand is de elektrische weerstand die een elektrische stroom ondervindt bij zijn doorgang door een kwik-kolom van 1062,6 mm lengte met een doorsnede van 1 $mm^2$ en dit bij een temperatuur van 0° en een barometerstand van 760 mm kwik.
Men noemt deze eenheid de Ohm en het zal duidelijk zijn dat het onmogelijk is deze eenheid te herleiden tot de fundamentele mechanische grootheden.
Weliswaar is men er in geslaagd een zogenoemde absolute Ohm te definiëren, uitgaande van de stelling dat een weerstand van 1 Ohm aanwezig is als een spanning van 1 Volt een stroom van 1 Ampère opwekt. Spanning en stroom kunnen via tamelijk ingewikkelde definities herleid worden tot de drie genoemde fundamentele natuurkundige grootheden. Het zal duidelijk zijn dat het verband tussen weerstand en lengte, tijd en massa zo complex wordt dat niemand het in zijn hoofd zal halen de eenheid van weerstand uit te drukken in een combinatie van kilogram, seconde en meter! Bovendien wijkt deze absolute Ohm slechts 0,00049 Ohm af van de volgens de eerste definitie bekomen waarde.

## Internationaal Systeem

Er zijn in de loop der tijden verschillende eenheden-stelsels voorgesteld, maar op dit moment wordt in de meeste landen gebruik gemaakt van het zogenoemde "Internationale Systeem" (IS). Dit stelsel gaat uit van zeven in plaats van drie basis-grootheden.
Deze zeven grootheden worden, samen met hun eenheden, voorgesteld in tabel 3/8.1.1-2.

## 8.1 Grondbeginselen van de meettechniek

**breukdelen van eenheden**

| naam | symbool | factor |
|---|---|---|
| deci- | d | $10^{-1}$ |
| centi- | c | $10^{-2}$ |
| milli- | m | $10^{-3}$ |
| micro- | $\mu$ | $10^{-6}$ |
| nano- | n | $10^{-9}$ |
| pico- | p | $10^{-12}$ |
| femto- | f | $10^{-15}$ |
| atto- | a | $10^{-18}$ |

**veelvouden van eenheden**

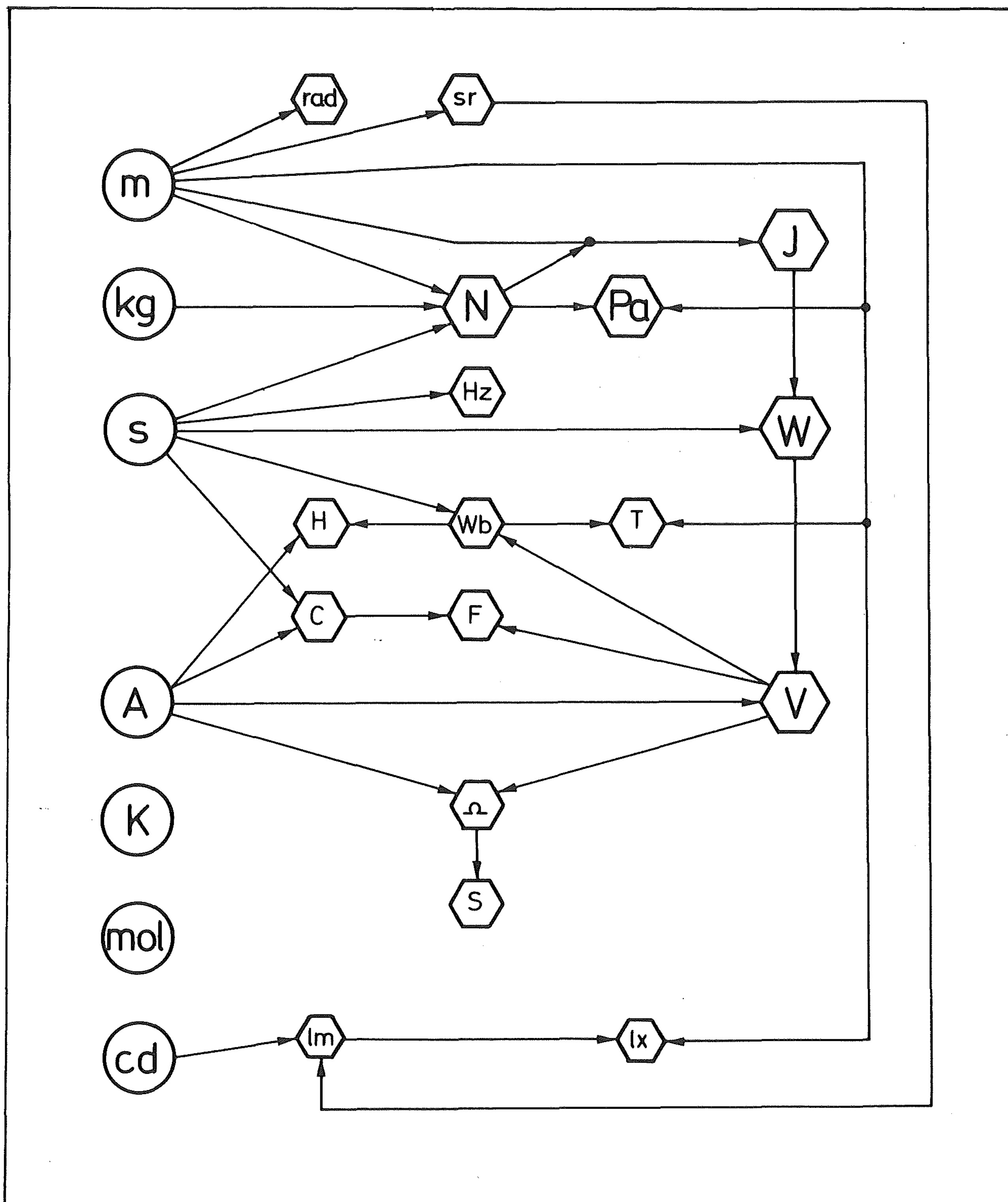
| naam | symbool | factor |
|---|---|---|
| deka- | da | $10^{1}$ |
| hekto- | h | $10^{2}$ |
| kilo- | k | $10^{3}$ |
| mega- | M | $10^{6}$ |
| giga- | G | $10^{9}$ |
| tera- | T | $10^{12}$ |

**Tabel 3/8.1.1. -1:** Breukdelen en veelvouden van eenheden.

| basis-grootheid | symbool | eenheid | eenheid-symbool |
|---|---|---|---|
| lengte, afstand | l | meter | m |
| massa | m | kilogram | kg |
| tijd | t | seconde | s |
| elektrische stroom | I | ampère | A |
| absolute temperatuur | T | ° kelvin | ° K |
| lichtsterkte | I | candela | cd |
| hoeveelheid stof | v | mol | mol |

**Tabel 3/8.1.1 -2:** De zeven basis-grootheden van het Internationale Stelsel met hun symbolen en eenheden.

## 8.1 Grondbeginselen van de meettechniek




**Figuur 3/8.1.2 -1:** Het schema van de basis- en afgeleide eenheden in het Internationale Stelsel.

De internationaal aanvaarde definities voor deze eenheden luiden als volgt:

## Lengte

1 m is de lengte die overeen komt met 1.650.763,73 maal de golflengte van de straling die wordt uitgezonden door het krypton-86 atoom bij de overgang van toestand $5d_5$ naar de toestand $2p_{10}$.

### massa

1 kg is de massa van het platina-iridium monster dat wordt bewaard te Sèvres in Frankrijk.

### tijd

1 s is de tijdsduur van 9.192.631 perioden van de straling die wordt uitgezonden bij de overgang tussen twee hyperniveaus van de grondtoestand van het cesium-133 atoom.

### elektrische stroom

1 A is de stroom die, indien hij wordt geleid door twee evenwijdig opgestelde oneindig lange rechte draden met een verwaarloosbare doorsnede, geplaatst in het luchtledige op een onderlinge afstand van 1 meter, per meter lengte een kracht opwekt van $2.10^{-7}$N.

### absolute temperatuur

1 °K is het 273,16-de deel van de absolute temperatuur van het tripel-punt van water (0,01 °C).

### lichtsterkte

1 cd is de lichtsterkte op 1/60 $cm^2$ van het oppervlak van een zwarte straler bij de stollingstemperatuur van platina onder een druk van 101.325 $N/m^2$.

## 3/8.1.2 Afgeleide eenheden en hun relatie tot de zeven basis-grootheden

In deze paragraaf worden de afgeleide eenheden die men in de elektronica vaak tegenkomt besproken en hun relatie tot de zeven basis-eenheden van het Internationale Stelsel gegeven.
Zie ook figuur 3/8.1.2-1.

**vlakke hoek**
**eenheid:** radiaal, afgekort tot rad
**symbool:** griekse letters
**definitie:** 1 rad is gelijk aan de middelpunthoek die uit een cirkel een "taartpunt" snijdt waarvan de lengte van de cirkelboog gelijk is aan de straal van de cirkel.
**teruggerekend naar basis-grootheden:**

$$1 \text{ rad} = 1 \text{ m/m} = \frac{360^\circ}{2 \,.\, \text{PI}}$$

**ruimtehoek**
**eenheid:** steradiaal, afgekort tot sr
**symbool:** $\Omega$, $\omega$
**definitie:** 1 sr is gelijk aan de ruimtelijke hoek, die uit een bol met straal r = 1 m een kegel uitsnijdt waarvan het bol-segment een oppervlakte heeft van 1 $m^2$.
**teruggerekend naar basis-grootheden:**
1 sr = 1 $m/m^2$

**energie, arbeid, warmtehoeveelheid**
**eenheid:** Joule, afgekort tot J
**symbool:** energie W, arbeid A, warmte Q

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

**definitie:** 1 J komt overeen met de arbeid die wordt verricht als het aangrijpingspunt van een kracht van 1 N over 1 m wordt verplaatst in de richting van de kracht.
**teruggerekend naar basis-grootheden:**
1 J = 1 Nm = 1 Ws
1 kg.$m^2/s^2$

**mechanische kracht**
**eenheid:** Newton, afgekort tot N
**symbool:** F
**definitie:** een kracht van 1 N zal een massa van 1 kg een versnelling van 1 $m/s^2$ geven.
**teruggerekend naar basis-grootheden:**
1 N – 1 kg.$m/s^2$

**mechanische druk**
**eenheid:** Pascal, afgekort tot Pa
**symbool:** p
**definitie:** een druk van 1 Pa ontstaat als op een oppervlak van 1 $m^2$ een loodrechte kracht van 1 N wordt uitgeoefend.
**teruggerekend naar basis-grootheden:**
1 Pa = 1 $N/m^2$

**frequentie van een trilling**
**eenheid:** Hertz, afgekort tot Hz
**symbool:** f
**definitie:** een trilling heeft een frequentie van 1 Hz als de periode van deze trilling 1 s duurt.
**teruggerekend naar basis-grootheden:**
1 Hz = $s^{-1}$

**vermogen**
**eenheid:** Watt, afgekort tot W
**symbool:** P
**definitie:** 1 W is het vermogen dat wordt opgewekt als gedurende 1 s een energie van 1 J wordt geleverd.
**teruggerekend naar basis-grootheden:**
1 W = J/s = 1 N m/s
= 1 kg. $m^2/s^3$

**magnetische flux**
**eenheid:** Weber, afgekort tot Wb
**symbool:** $\Phi$
**definitie:** als er in één winding van een spoel een spanning van 1 V ontstaat als het magnetische veld waaraan deze winding is onderworpen gedurende 1 s van maximaal tot nul afneemt, dan stelt men deze maximale waarde van het veld gelijk aan 1 Wb.
**teruggerekend naar basis-grootheden:**
1 Wb = 1 Vs = 1 $Tm^2$
= kg.$m^2/s^2$.A

**zelfinductie**
**eenheid:** Henry, afgekort tot H
**symbool:** L
**definitie:** een gesloten winding, opgesteld in het vacuüm, heeft een zelfinductie van 1 H als een stroom van 1 A die er doorheen vloeit een magnetische flux van 1 Wb opwekt.
**teruggerekend naar basis-grootheden:**
1 H = 1 Wb/A = 1 Vs/A
= Ωs = 1 kg.$m^2/s^2$.A

**magnetische inductie, magnetische flux-dichtheid**
**eenheid:** Tesla, afgekort tot T
**symbool:** B
**definitie:** een magnetische inductie of fluxdichtheid van 1 T ontstaat als er door een oppervlak van 1 $m^2$ een loodrechte magnetische flux van 1 Wb vloeit.
**teruggerekend naar basis-grootheden:**
1 T = 1 $Wb/m^2$
= 1 $kg/s^2$.A

**hoeveelheid elektriciteit, elektrische lading**
**eenheid:** Coulomb, afgekort tot C
**symbool:** Q
**definitie:** er vloeit een hoeveelheid elek-

triciteit van 1 C door een geleider als er door deze geleider gedurende 1 s een stroom van 1 A vloeit.
**teruggerekend naar basis-grootheden:**
1 C = 1 As

**elektrische capaciteit**
**eenheid:** Farad, afgekort tot F
**symbool:** C
**definitie:** een condensator heeft een capaciteit van 1 F als er over het onderdeel een spanning van 1 V ontstaat door het laden met 1 C.
**teruggerekend naar basis-grootheden:**
1 F = 1 C/V = 1 As/V
= 1 $s^4.A^2/kg.m^2$

**elektrische spanning, potentiaalverschil**
**eenheid:** Volt, afgekort tot V
**symbool:** U
**definitie:** er ontstaat een potentiaalverschil van 1 V tussen twee punten van een draadvormige, homogene en zich op constante temperatuur bevindende elektrische geleider, als een stroom van 1 A die door deze geleider vloeit tussen beide punten een vermogen van 1 W dissipeert.
**teruggerekend naar basis-grootheden:**
1 V = 1 W/A
= 1 $kg.m^2/s^3.A$

**elektrische weerstand**
**eenheid:** Ohm, voorgesteld door Ω
**symbool:** R voor gelijkstroomweerstand, Z voor wisselstroomweerstand (impedantie)
**definitie:** tussen twee punten van een draadvormige, homogene en zich op constante temperatuur bevindende elektrische geleider staat een weerstand van 1 Ohm, als een stroom van 1 A door deze geleider tussen beide punten een spanning van 1 V doet ontstaan.
**teruggerekend naar basis-grootheden:**
1 Ω = 1 V/A = 1/S
= 1 $kg.m^2/s^3.A^2$

**elektrische geleiding, conductantie**
**eenheid:** Siemens, afgekort tot S
**symbool:** G
**definitie:** 1 S is de conductantie van een geleider die een weerstand bezit van 1 Ohm.
**teruggerekend naar basis-grootheden:**
1 S = 1/Ω = 1 A/V
= 1 $s^3.A^2/kg.m^2$

**lichtstroom, hoeveelheid licht**
**eenheid:** lumen, afgekort tot lm
**symbool:** Φ
**definitie:** 1 lm is de lichtstroom die in een ruimtehoek van 1 sr ontstaat als een puntvormige lichtbron met een lichtsterkte van 1 cd gelijkmatig in alle richtingen uitstraalt.
**teruggerekend naar basis-grootheden:**
1 lm = 1 cd.sr

**verlichtingssterkte, belichting**
**eenheid:** lux, afgekort tot lx
**symbool:** E
**definitie:** de belichting van een oppervlak van 1 $m^2$ is gelijk aan 1 lx als er op dit oppervlak loodrecht een lichtstroom van 1 lm invalt.
**teruggerekend naar basis-grootheden:**
1 lx = 1 $lm/m^2$

## 3/8.1.3 Het meten van gelijkstromen

Een stroommeter moet steeds worden opgenomen in serie met de stroom-leverancier en de stroom-verbruiker. Om de in de kring vloeiende stroom zo weinig

mogelijk te beïnvloeden moet een stroommeter een zo gering mogelijke inwendige weerstand hebben: iedere extra weerstand die men in de keten introduceert heeft een daling van de stroom tot gevolg! In principe zou de ideale ampère-meter dus een weerstand van 0 Ohm moeten hebben, maar het zal duidelijk zijn dat dit praktisch en zelfs theoretisch niet mogelijk is.
Uit dit gegeven volgt echter wel een belangrijke waarschuwing. Een stroommeter mag nooit of te nimmer parallel over een spanningsbron worden geschakeld! De zeer lage inwendige weerstand heeft een zeer grote stroom tot gevolg, wat in het gunstigste geval tot een defecte zekering leidt, maar in het ongunstigste geval tot vernieling van de stroommeter en/of de spanningsbron voert.

De in de praktijk meest gebruikte eenheden bij het meten van stromen zijn:
- de ampère;
- de milli-ampère (mA), gelijk aan 1/1000 A;
- de micro-ampère ($\mu$A), gelijk aan 1/1000000 A.

De meeste (analoge) meetinstrumenten zijn in wezen stroommeters en het basisbereik van deze instrumenten ligt in het gebied van 100 $\mu$A tot 10 mA.
Moet men grotere stromen meten, dan is het noodzakelijk een weerstand, een zogenoemde shunt, parallel te schakelen aan het meetinstrument. Op de berekening van shunts komen wij dadelijk terug.

Bij het meten van stromen in schakelingen moet men steeds rekening houden met de beroemde wetten van Kirchoff:
- in een vertakte keten verdeelt de totale stroom zich over alle takken;
- de deelstromen verhouden zich omgekeerd evenredig tot de weerstanden van de deel-takken;
- door de grootste weerstand vloeit de kleinste stroom;
- in een onvertakte keten is de stroom die door alle onderdelen van de keten vloeit gelijk.

### Het uitbreiden van het meetbereik van een stroommeter

Uit de wetten van Kirchoff volgt onmiddellijk dat men het meetbereik van een milli-ampère meter kan uitbreiden door over de meter een parallel-weerstand te schakelen, waarvan de waarde veel kleiner is dan de waarde van de weerstand van de meter.
De grootste stroom vloeit immers door de kleinste weerstand en de stroom zal zich dus omgekeerd evenredig splitsen in een klein deel door de relatief hoge weerstand van het instrument en een veel groter deel door de veel lagere weerstand van de shunt.

Voor het berekenen van de juiste waarde van deze shunt-weerstand moeten de volgende gegevens bekend zijn:
- de stroom voor volle uitslag van de meter $I_i$;
- de inwendige weerstand van het instrument $R_i$;
- de spanningsval over het instrument bij volle naalduitslag $U_i$;
- het gewenste meetbereik $I_g$.

Aan de hand van een voorbeeld zullen wij de noodzakelijke formules opstellen.
Stel een meetinstrument met:

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

- $I_i = 10$ mA;
- $R_i = 30$ Ohm;
- $U_i = I_i . R_i = 10$ mA . 30 Ohm = 300 mV.

Het meetbereik van dit instrument moet verhoogd worden tot:

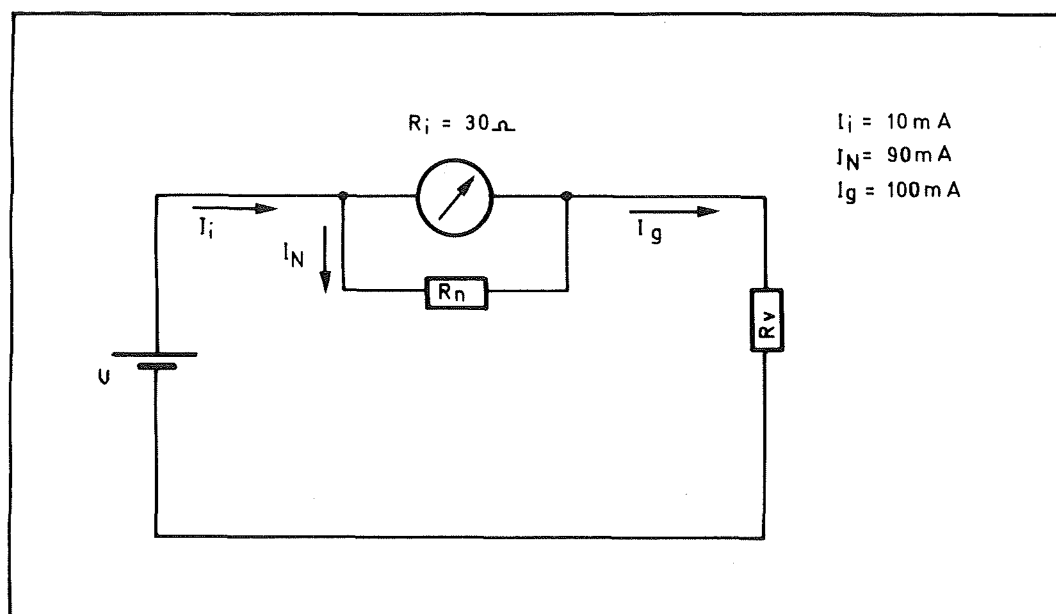
- $I_g = 100$ mA.

Uit figuur 3/8.1.3-1 kan men afleiden dat de stroom van 100 mA zich splitst in:

- 10 mA $I_g$ door de meter;
- 90 mA $I_n$ door de shunt-weerstand $R_n$.

De spanning over het instrument is bekend, evenals de stroom die door $R_n$ vloeit. Uit de wet van Ohm volgt:

$R_n = U_i/I_n = 300$ mV / 90 mA = 3,33 Ohm




**Figuur 3/8.1.3 -1:** Het verhogen van het meetbereik van een stroommeter door het parallel schakelen van een shunt-weerstand $R_n$.

Deze weerstand is dus al een behoorlijk stuk lager dan de eigen weerstand $R_i$ (30 Ohm) van de meter! Het zal duidelijk zijn dat als men het stroombereik bijvoorbeeld tot 1 A wil uitbreiden de waarde van de shunt-weerstand ver onder de 1 Ohm komt te liggen. Het wordt dan zeer belangrijk de overgangsweerstanden zo klein mogelijk te maken! Een contactweerstand van slechts 0,01 Ohm is niet meer verwaarloosbaar ten opzichte van de lage waarde van de shunt. De shunt moet dan ook rechtstreeks over de aansluitlipjes van de meter gesoldeerd worden met zo kort mogelijke aansluitdraadjes.

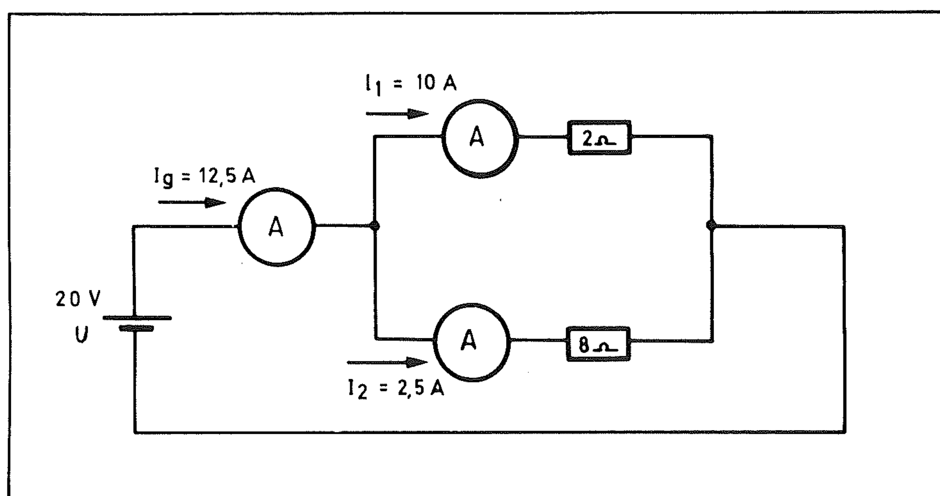
In de meeste gevallen zal het niet mogelijk zijn normaal verkrijgbare weerstanden toe te passen, omdat deze tot slechts ongeveer 0,12 Ohm worden gefabriceerd.

Men moet dan gebruik maken van speciaal weerstandsdraad, waarvan de specifieke weerstand per meter exact bekend moet zijn. Weerstandsdraad is te koop met specifieke weerstanden tussen 62,4 en 0,039 Ohm per meter (draaddiameter

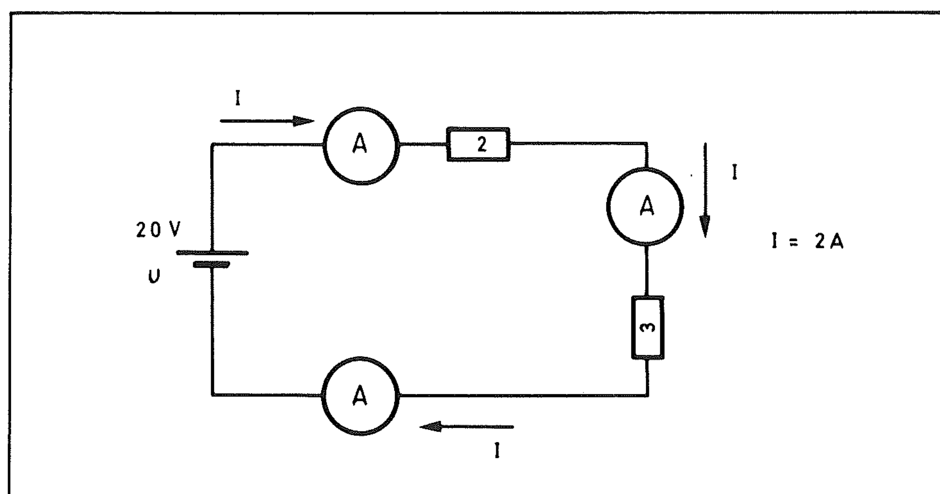
respectievelijk 0,1 mm en 4,0 mm). Deze door de Duitse firma Block in de handel gebrachte weerstandsdraad is goed te solderen en heeft een verwaarloosbare kleine temperatuurs-coëfficiënt: 0,8 % per 100° temperatuursstijging.

## Het meten van stromen in niet en wel vertakte kringen

Uit de figuren 3/8.1.3-2 en 3/8.1.3-3 volgt de stroomverdeling in wel en niet vertakte kringen.




**Figuur 3/8.1.3 -2:** Het meten van stromen in een vertakte keten.




**Figuur 3/8.1.3 -3:** Het meten van stromen in een niet vertakte keten.

## 3/8.1.4 Het meten van gelijkspanningen

Zoals reeds opgemerkt bij 3/8.1.3 zijn de meeste analoge wijzermeetinstrumenten in principe stroommeters. Men kan echter zo'n instrument ombouwen tot spanningsmeter door een grote weerstand in serie op te nemen. Volgens de wet van Ohm zal er door de serieschakeling van voorschakelweerstand en instrument een stroom gaan lopen, waarvan de waarde wordt bepaald door de aangelegde spanning te delen door de totale kringweerstand.
Op het berekenen van deze voorschakelweerstand komen wij dadelijk uitvoerig terug.

Bij het meten van spanningen wordt de meter steeds parallel geschakeld op de lijnen waartussen men de spanning wil meten. Dit kan zonder bezwaar, omdat een spanningsmeter steeds hoogohmig is uitgevoerd. Men kan dus zonder problemen de meter rechtstreeks over de uitgangen van een spanningsbron schakelen. Het zal duidelijk zijn dat een spanningsmeter in principe een oneindig hoge weerstand moet bezitten. Natuurlijk is dit zowel theoretisch als praktisch niet haalbaar, maar hoe hoger de inwendige weerstand van een volt-meter, hoe minder de meter de schakeling waarin wordt gemeten zal belasten. Iedere extra belasting kan de spanningsverdeling in een schakeling verstoren. Dit is een zeer belangrijk gegeven en men moet daar steeds terdege rekening mee houden. Meet men bijvoorbeeld de spanning op de collector van een transistor die een hoge collector-weerstand heeft, dan zal de spanningsmeter een extra belasting voor de transistor vormen en er ontstaat een spanningsdeler tussen de collectorweerstand en de inwendige weerstand van de meter. Door deze spanningsdeler gaat de spanning op de collector dalen.

In de praktijk treft men de volgende eenheden aan bij het meten van gelijkspanningen:
- de volt;
- de kilo-volt (kV), gelijk aan 1000 V;
- de milli-volt (mV), gelijk aan 1/1000 V;
- de micro-volt ($\mu$V), gelijk aan 1/1000000 V.

Bij het meten van spanningen in netwerken moet men rekening houden met de volgende door de wet van Ohm gegeven regels:
- bij het parallel schakelen van meerdere verbruikers staat de volle spanning over iedere verbruiker;
- bij het serie schakelen van verbruikers deelt de volle spanning zich recht evenredig over de verbruikers;
- bij de serie-schakeling van meerdere verbruikers staat de grootste spanning over de verbruiker met de grootste weerstand en de kleinste spanning over de verbruiker met de kleinste weerstand.

### Het uitbreiden van het meetbereik van een spanningsmeter

Uit de wet van Ohm volgt onmiddellijk dat men het meetbereik van een spanningsmeter kan uitbreiden door het in serie schakelen van een weerstand, de zogenoemde voorschakelweerstand.
De waarde van deze weerstand moet veel groter zijn dan de waarde van de inwendige weerstand van het basis-instrument.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

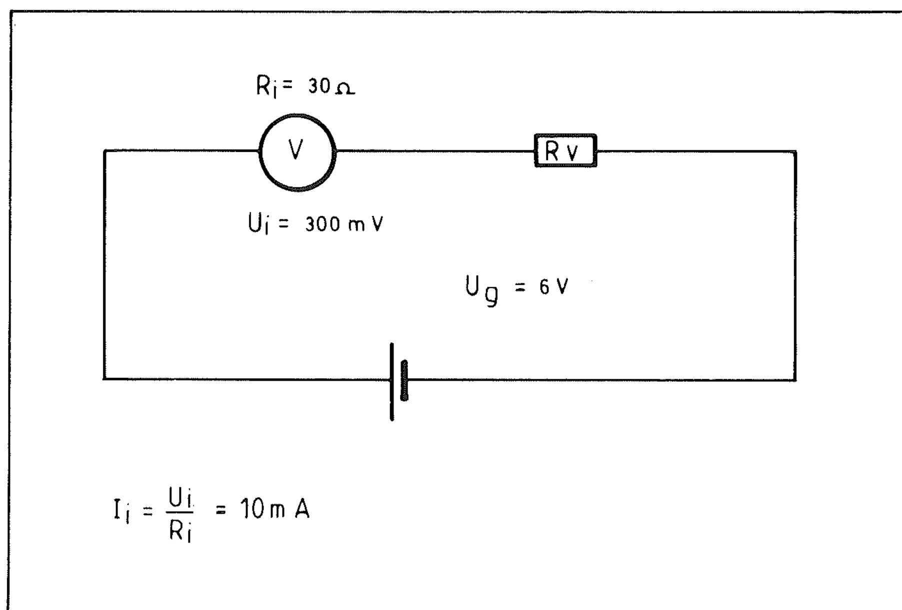
Voor het berekenen van de juiste waarde van deze voorschakelweerstand moeten de volgende gegevens bekend zijn:

- de stroom voor volle uitslag van de meter $I_i$;
- de inwendige weerstand van het instrument $R_i$;
- de spanningsval over het instrument bij volle naalduitslag $U_i$;
- het gewenste meetbereik $U_g$.

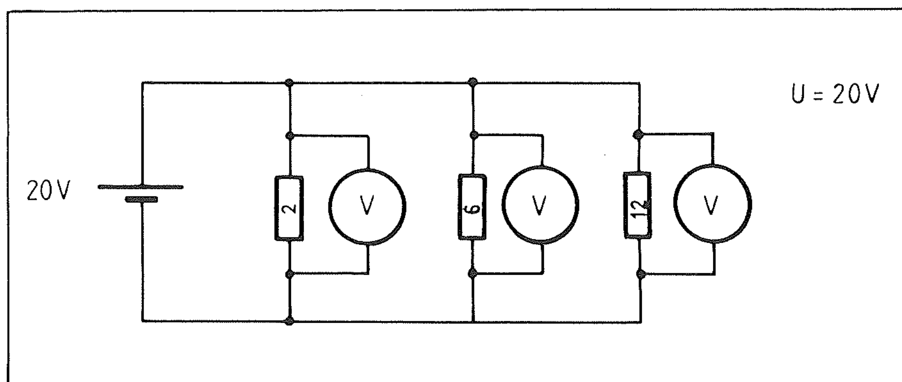
Aan de hand van een voorbeeld en figuur 3/8.1.4-1 zullen wij de noodzakelijke formules opstellen.

Stel een meetinstrument met:

- $R_i = 30$ Ohm;
- $I_i = 10$ mA;
- $U_i = I_i \cdot R_i = 30\,\text{Ohm} \cdot 10\,\text{mA} = 300$ mV.




**Figuur 3/8.1.4 -1:** Het vergroten van het meetbereik van een spanningsmeter door het in serie schakelen van een voorschakelweerstand.




**Figuur 3/8.1.4 -2:** Het meten van spanningen in een vertakte keten.

Het meetbereik van dit instrument moet verhoogd worden tot:
- $U_g = 6$ V.

Uit figuur 3/8.1.4-1 kan men afleiden dat over de voorschakelweerstand $R_v$ een spanning valt van 6 V − 0,3 V = 5,7 V.
De stroom door de meter vloeit uiteraard ook door deze weerstand, zodat de waarde van dit onderdeel gelijk wordt aan:
$R_v = U_v/I_i = 5{,}7\text{ V} / 10\text{ mA} = 570$ Ohm.

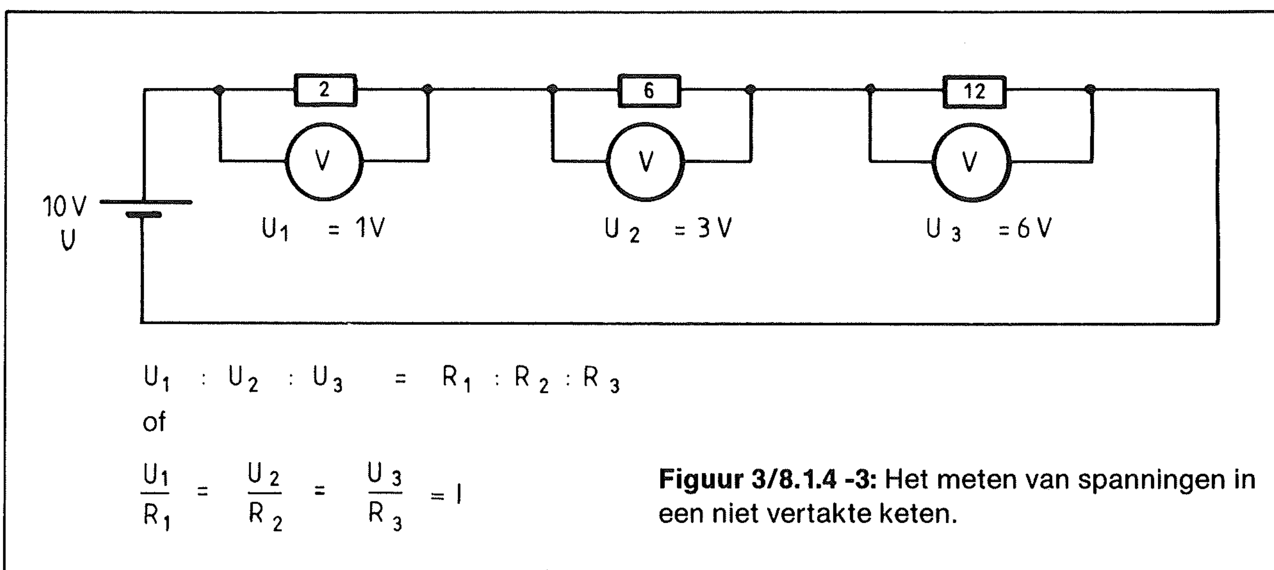
Bij het verder uitbreiden van het meetgebied (stel tot 1000 V) zal de waarde van de voorschakelweerstand in het M-Ohm bereik komen te liggen. Vaak treft men dan niet meer de juiste waarde in de standaard geleverde weerstanden aan en moet men werken met serie-schakeling van twee of zelfs drie weerstanden. Het is eigenlijk steeds een goed idee de voorschakelweerstand voor hoogspanningsmeters uit te voeren als serie-schakeling van verschillende deelweerstanden, omdat de spanning die over een weerstand mag staan bepaalde grenzen heeft. Voor de meeste uitvoeringen wordt een maximale spanning van 400 V gegeven.

## Het begrip gevoeligheid

Bij analoge spanningsmeters wordt de inwendige weerstand vaak uitgedrukt door de gevoeligheid van het instrument. Deze grootheid geeft de inwendige weerstand van de meter per volt weer.
Een voorbeeld.
Eenmeter met een bereik van 100 V heeft een inwendige weerstand van 1 M-Ohm. De gevoeligheid van dit instrument is dan gelijk aan:
1 M-Ohm / 100 V = 10 k-Ohm / V.
Goede analoge voltmeters moeten een gevoeligheid van minstens 20 k-Ohm / V hebben.

## Het meten van spanningen in wel en niet vertakte ketens

Uit de figuren 3/8.1.4-2 en 3/8.1.4-3 volgt de spanningsverdeling bij het meten in wel en niet vertakte ketens.




**Figuur 3/8.1.4 -3:** Het meten van spanningen in een niet vertakte keten.

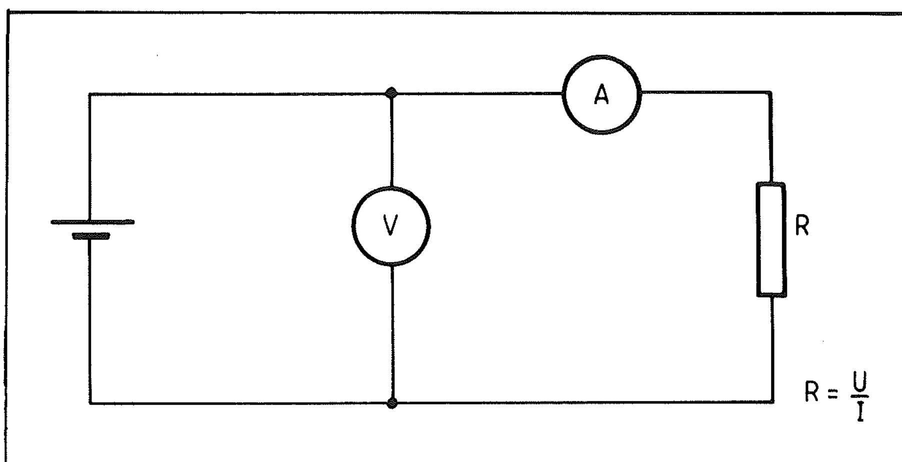
## 3/8.1.5 Het meten van weerstanden.

### 3/8.1.5.1 Het bepalen van weerstanden door middel van stroom- en spannings-metingen

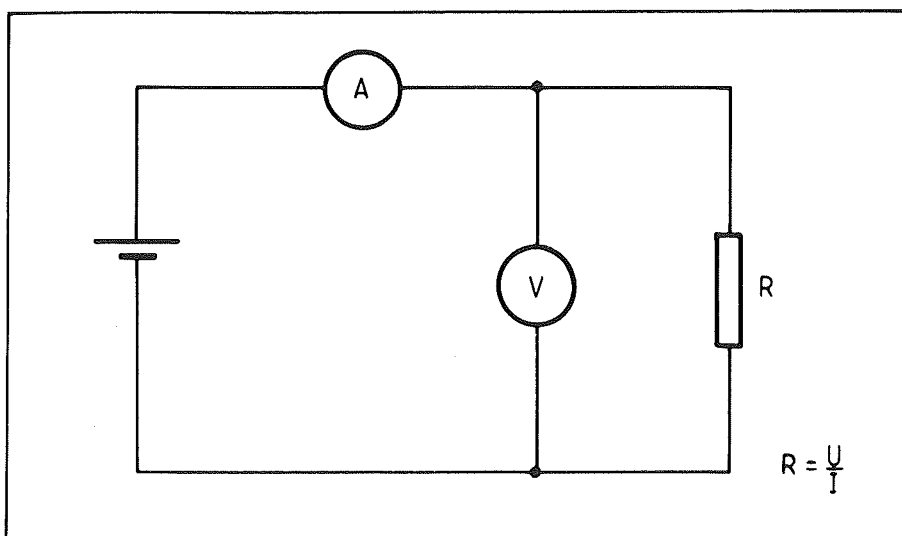
Men kan de weerstand van een onderdeel meten door de wet van Ohm in de praktijk brengen. De weerstand is gelijk aan de spanning over het onderdeel gedeeld door de stroom door het onderdeel. In formule-vorm:

$$R = \frac{U}{I}$$

Nu heeft een spanningsmeter een weliswaar grote maar zeer zeker niet oneindig hoge inwendige weerstand. Een stroommeter heeft een lage maar niet oneindig kleine weerstand. Als men dus de weerstand van een onderdeel op de beschreven methode meet, zal er altijd een meetfout optreden! Ofwel meet de stroommeter de stroom mee die de spanningsmeter ver-




**Figuur 3/8.1.5.1 -1:**
Het bepalen van grote weerstanden volgens de A/V-methode.




**Figuur 3/8.1.5.1 -2:**
Het bepalen van kleine weerstanden volgens de A/V-methode.

bruikt, ofwel meet de spanningsmeter de spanningsval over de stroommeter.
Men kan echter de meetfout minimaliseren door de meetschakeling aan te passen aan de grootte van de te meten weerstand.

### Het meten van grote weerstanden

Men gebruikt de schakeling van figuur 3/8.1.5.1-1. De stroommeter staat in serie geschakeld met het onderdeel waarvan men de weerstand wil meten, de spanningsmeter meet de spanning over deze serie-schakeling. De gemeten stroom is gelijk aan de echte stroom die door de verbruiker vloeit, de gemeten spanning is te groot, omdat men de spanningsval over de stroommeter ook meet.

### Meten van kleine weerstanden

Voor het meten van kleine weerstanden komt de schakeling van figuur 3/8.1.5.1-2 in aanmerking. Nu staat de spanningsmeter rechtstreeks over het onderdeel geschakeld en de stroommeter meet de stroom die door deze parallel-schakeling vloeit. De spanning is correct, de stroom is te groot want men meet nu ook de stroom die door de inwendige weerstand van de V-meter wordt verbruikt.

### De grens tussen grote en kleine weerstand

De grens tussen het toepassen van de ene of de andere schakeling is moeilijk te trekken. Men noemt een weerstand "groot" als de verhouding tussen deze weerstand en de inwendige weerstand van het meetinstrument veel groter is dan 100. Men noemt een weerstand "klein" als de verhouding tussen de weerstand en de inwendige weerstand van de meter vele malen kleiner is dan 0,01.
In principe komt het er dus op neer dat men in de meeste gevallen twee metingen moet uitvoeren en het gemiddelde van beide meetresultaten als de "juiste" waarde van het onderdeel aanneemt.

## 3/8.1.5.2 Het meten van weerstanden met de Ohm-meter

Een rechtstreeks aanwijzende Ohm-meter is uitgerust met een inwendige spanningsbron en meet de stroom die door de te meten weerstand uit deze bron wordt betrokken. Er bestaan echter ook meters waarbij niet de stroom van het te meten onderdeel rechtstreeks wordt gemeten, maar waar eerder de spanningsverdeling tussen een bekende weerstand en de te meten weerstand wordt gebruikt voor het rechtstreeks in Ohm ijken van de schaal van het instrument. De eerste soort noemt men de serie-ohm-meter, de tweede de parallel-ohm-meter.

### De serie-meter

De serie-meter is geschakeld volgens het schema van figuur 3/8.1.5.2-1. Er wordt een gesloten kring gevormd, samengesteld uit een spanningsbron U, een regelbare ijkweerstand $R_v$, een mA-meter A en de te meten weerstand $R_x$.
De stroom die door deze kring gaat lopen wordt bepaald door de waarde van $R_v$, R en de inwendige weerstand $R_i$ van de meter.
Om de schakeling te ijken verbindt men de twee meetstiften van de meter recht-

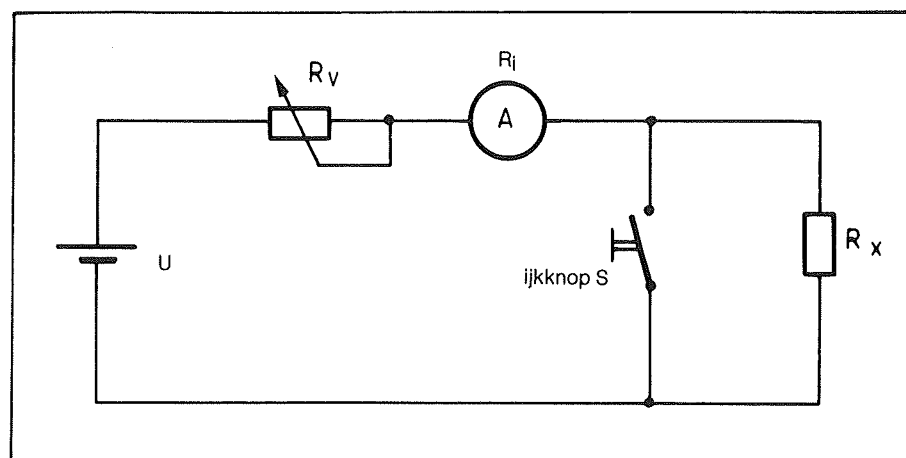
streeks met elkaar (men sluit de meter kort, in de figuur voorgesteld door het bedienen van de schakelaar S) en regelt de regelbare weerstand $R_v$ af tot de naald van de meter volledig uitslaat. Deze uitslag komt overeen met weerstand gelijk aan 0 Ohm. Nadien sluit men de te meten weerstand aan tussen de meetstiften (of men laat de drukknop S los). De stroom zal nu gaan dalen want er staat immers een grotere weerstand in de keten. De naald gaat nu naar een lagere stand en de schaal kan rechtstreeks in Ohm worden geijkt bij de fabrikage van de meter.

De uitslag van de naald is dus omgekeerd evenredig met de grootte van de te meten weerstand. Volle naalduitslag staat voor weerstand nul, geen naalduitwijking staat voor een oneindig grote weerstand.

Uit deze twee schaal-begrenzingen volgt onmiddellijk dat de schaal niet lineair is. Men kan immers een schaal die van 0 tot oneindig groot loopt nooit in gelijke delen verdelen! De schaal is samengeperst voor de hoge waarden en het is niet mogelijk weerstanden die groter zijn dan 50 k-Ohm nog nauwkeurig af te lezen.

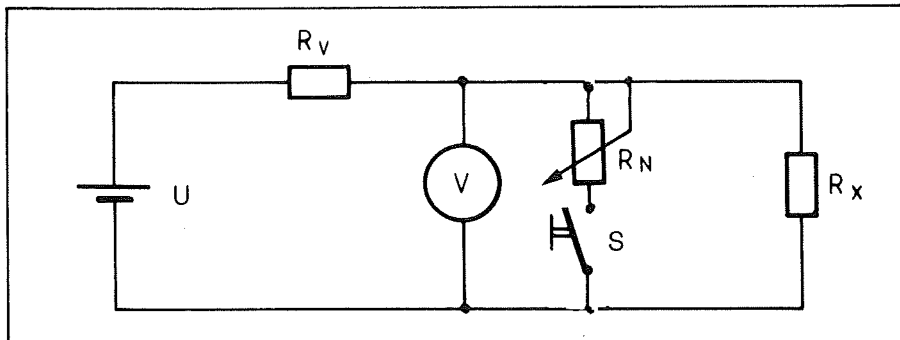
## De parallel-meter

De parallel-ohm-meter is geschakeld volgens het schema van figuur 3/8.1.5.2-2. Bij deze schakeling zijn de spanningsbron U, de spanningsmeter V en de te meten weerstand parallel geschakeld. Het principe van de meting berust op het feit dat er een spanningsdeler wordt gevormd tussen de voorschakelweerstand $R_V$ en de te meten weerstand $R_x$. De spanningsmeter meet de spanning op het knooppunt tussen beide weerstanden. Het zal duidelijk zijn dat de meter nul aanwijst als de te meten weerstand 0 Ohm is. De aanwijzing van de schaal loopt dus in dezelfde richting als de spannings-schaal. Ook nu moet de meter voor iedere meting worden geijkt door, bij open klemmen, op de drukknop te drukken en de naald op volle uitslag af te regelen door het verdraaien van $R_N$. De schaal loopt nu dus niet oneindig hetgeen als groot voordeel heeft dat het meetgebied tamelijk lineair over de volle schaallengte is verspreid.
Met dit soort meters kan men weerstanden tussen 10 en 1000 Ohm met grote nauwkeurigheid aflezen.




**Figuur 3/8.1.5.1 -1:** Het bepalen van grote weerstanden volgens de A/V-methode.

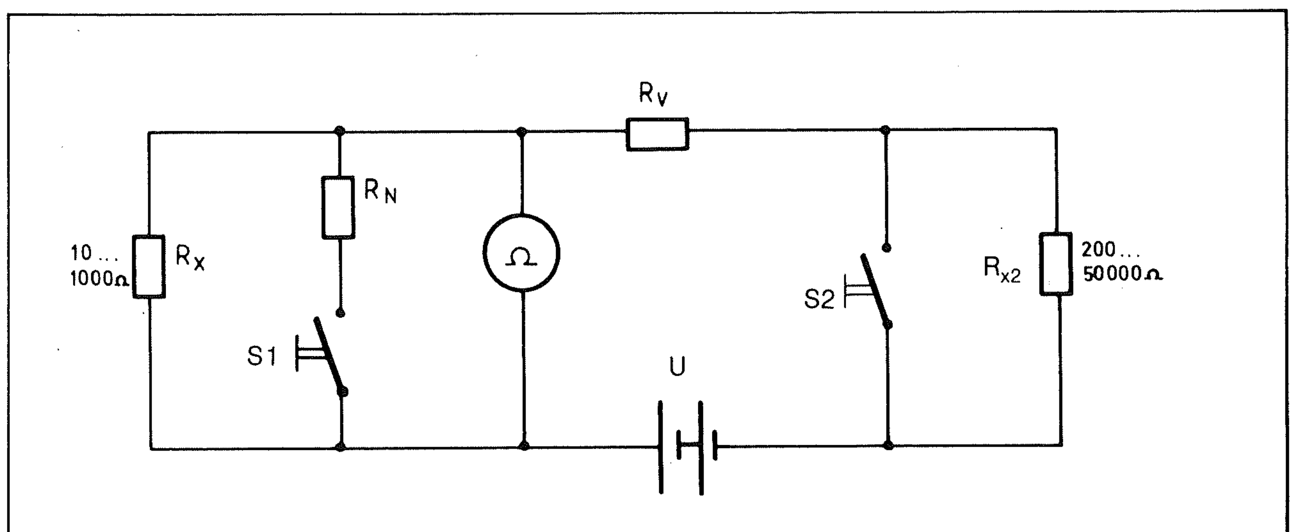
**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**




**Figuur 3/8.1.5.2 -2:** Schema van een rechtstreeks in Ohm geijkte meter volgens het parallel-principe.

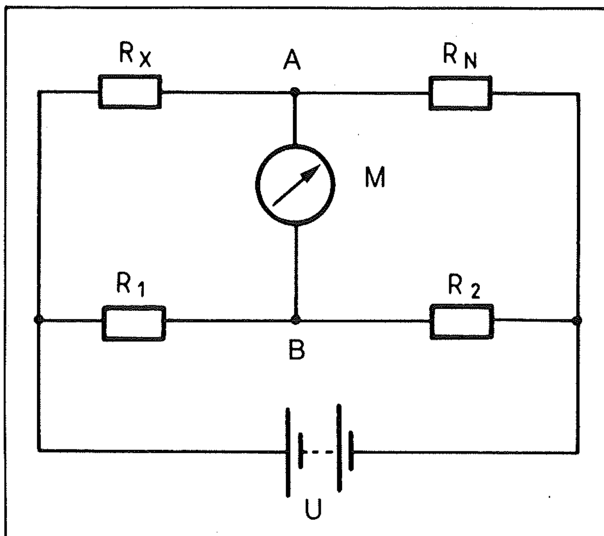
## Combinatie-schakeling

Is principe is het mogelijk de serie- en parallel-meters te combineren tot het schema van figuur 3/8.1.5.2-3. Men heeft dan echter twee meetaansluitingen, de ene voor weerstanden tussen 10 en 1000 Ohm, de andere voor weerstanden tussen 200 Ohm en 50 k-Ohm.
De meeste analoge universeelmeters maken gebruik van de serie-methode.




**Figuur 3/8.1.5.2 -3:** Gecombineerde serie/parallel weerstandsmeter met een groot bereik.

## 3/8.1.5.3 Meten van weerstanden met de brug van Wheatstone




**Figuur 3/8.1.5.3 -1:** Principe-schema van een brug van Wheatstone.

De fundamentele schakeling van een brug van Wheatstone is getekend in figuur 3/8.1.5.3-1. Het systeem is samengesteld uit een spanningsbron U en twee parallel aan deze bron geschakelde weerstandstakken. De onderste tak bestaat uit twee in serie geschakelde weerstanden $R_1$ en $R_2$, waarbij $R_2$ bekend is en $R_1$ een van een geijkte schaal voorziene potentiometer is. De bovenste tak bestaat uit de te meten weerstand $R_X$ en een eveneens bekende weerstand $R_N$.
Tussen de knooppunten A en B is een zeer gevoelige meter aangesloten met middennulpunt. Dat wil zeggen dat de naald in het midden van de schaal staat bij spanning gelijk aan nul Volt en dat de naald zowel naar links als naar rechts kan uitslaan, afhankelijk van de polariteit van de aan de meter aangeboden spanning.

Als de verhouding tussen $R_1$ en $R_2$ gelijk is aan de verhouding tussen $R_x$ en $R_N$ zullen de spanningen op de punten A en B identiek zijn. Men zegt dat de brug in evenwicht is en deze toestand ontstaat als de naald van de meter zich in de middenpositie bevindt.
Uit de vergelijking:

$$\frac{R_X}{R_N} = \frac{R_1}{R_2}$$

kan men de waarde van de onbekende weerstand $R_X$ afleiden.

$$R_X = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_N$$

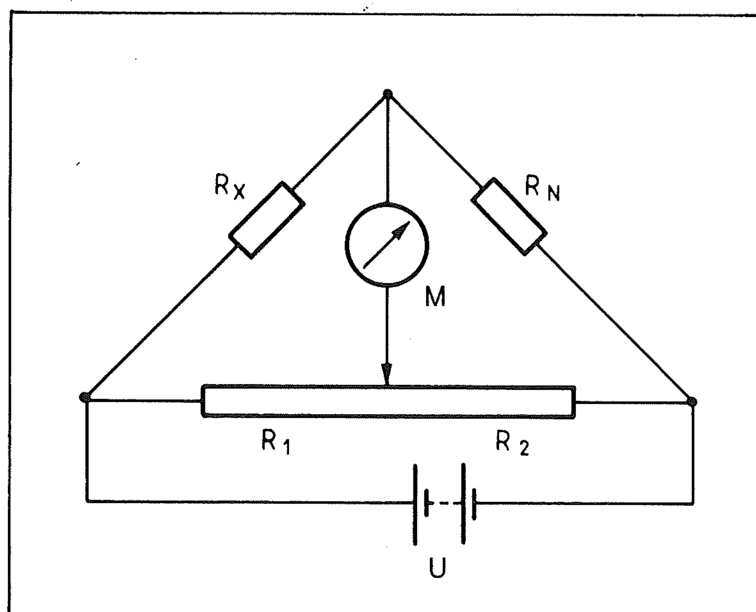
De brug van Wheatstone heeft enige belangrijke voordelen:
- de aflezing is volledig onafhankelijk van de spanning van de ingebouwde bron. Als de brug in evenwicht is zullen de spanningen op de punten A en B steeds aan elkaar gelijk zijn, wat ook de waarde van de voedingsspanning van de brug is!
- omdat men een zeer gevoelig meetinstrument kan toepassen kan men de weerstand $R_1$ zeer nauwkeurig afregelen op evenwicht. Zelfs het geringste spanningsverschil tussen de punten A en B kan tot een grote naalduitslag leiden.

In de praktijk wordt de brug van Wheatstone uitgevoerd volgens het schema van figuur 3/8.1.5.3-2. De weerstanden $R_1$ en $R_2$ worden uitgevoerd als speciale schuifpotentiometer. Deze is draadgewonden met zeer fijne draad, heeft een

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

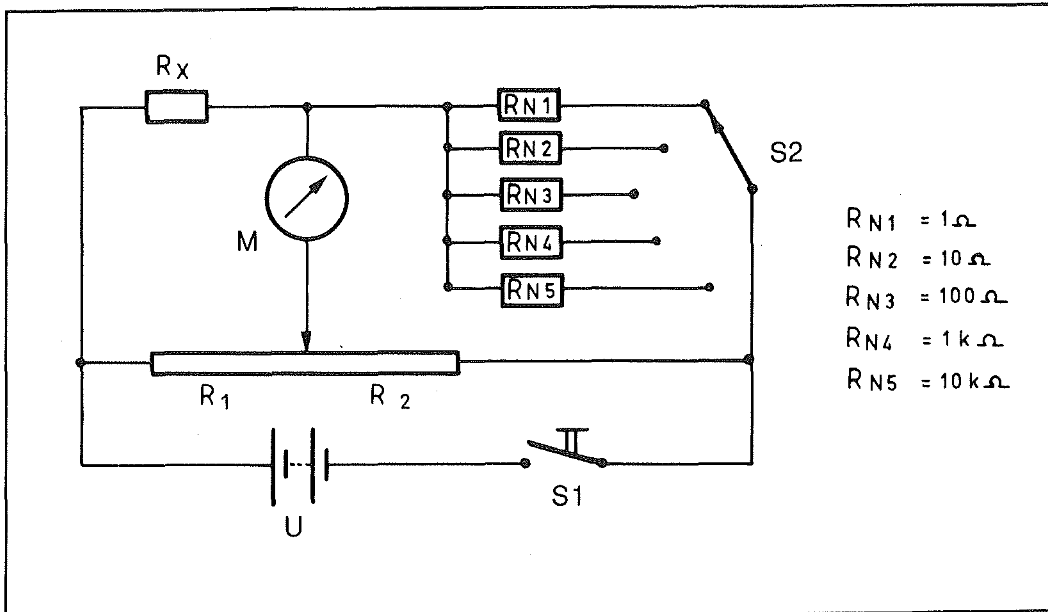
zeer lange schuifweg en door de fijne wikkeldraad een zeer grote resolutie. De schuifweg kan voorzien worden van een in Ohm geijkte schaal, zodat het mogelijk is de waarde van $R_x$ rechtstreeks van de schaal af te lezen. In de praktijk komt het er op neer dat men de loper van de schuifpotentiometer verplaatst tot de naald van de meter in de rustpositie staat. Men kan nadien de waarde van $R_x$ rechtstreeks van de geijkte schaal van $R_1/R_2$ aflezen. In de meeste gevallen is de meter voorzien van een regelbare shunt, zodat men de meting kan starten met tamelijk ongevoelig meetinstrument en de gevoeligheid kan opvoeren (door het vergroten van de waarde van de shunt) naarmate de loper van de schuifpotentiometer meer en meer de juiste stand benadert.

Vervangt men de vaste weerstand $R_N$ door meerdere door een schakelaar te selecteren bekende nauwkeurige weerstanden, zie figuur 3/8.1.5.3-3, dan kan men het meetbereik van de brug aanzienlijk uitbreiden.
Professionele bruggen van Wheatstone worden nu (zelfs in deze gedigitaliseerde tijd!) nog steeds in het laboratorium gebruikt voor het zeer nauwkeurig meten van weerstanden tussen 0,1 Ohm en 1 M-Ohm.




**Figuur 3/8.1.5.3 -2:** Een meetbrug met een geijkte schuifpotentiometer voor het balanceren van de brug.

## 8.1 Grondbeginselen van de meettechniek




**Figuur 3/8.1.5.3 -3:** Het praktische schema van een zeer nauwkeurige brug van Wheatstone voor het meten van weerstanden tussen 0,1 en $10^6$ Ohm.

# 3/8.1.6

# Basisgrootheden meten met de universeelmeter

**Definitie**

Universeelmeters zijn instrumenten, waarmee tenminste gelijkstroom, gelijkspanning, wisselspanning en weerstand kan worden gemeten. Hoewel tegenwoordig uiteraard voornamelijk digitaal wordt gemeten, worden in dit hoofdstuk de meetprincipes van de analoge universeelmeter besproken, aansluitend op de fundamentele meetprincipes die in de hoofdstukken 3/8.1.1 tot en met 3/8.1.5 aan de orde zijn gekomen. Voor de principes van digitale universeelmeters, die heel anders werken, wordt verwezen naar hoofdstuk 3/8.2.2.

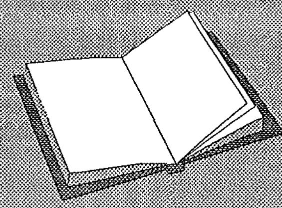
**Het draaispoelinstrument**

Een analoge universeelmeter heeft als belangrijkste en grootste onderdeel een draaispoelmeter, zie figuur 3/8.1.6-1, met als voornaamste eigenschap de gevoeligheid. Deze gevoeligheid wordt uitgedrukt in een aantal Ω/V. Is de gevoeligheid bijvoorbeeld 20 kΩ/V, dan zal er in het meetnereik van 1 V volle schaal volgens de wet van Ohm (stroom is spanning gedeeld door weerstand, dus 1 V gedeeld door 20 kΩ is gelijk aan 50 μA), door het draaispoeltje moeten vloeien, om de naald maximaal te laten uitslaan.

**Het belang van de gevoeligheid**

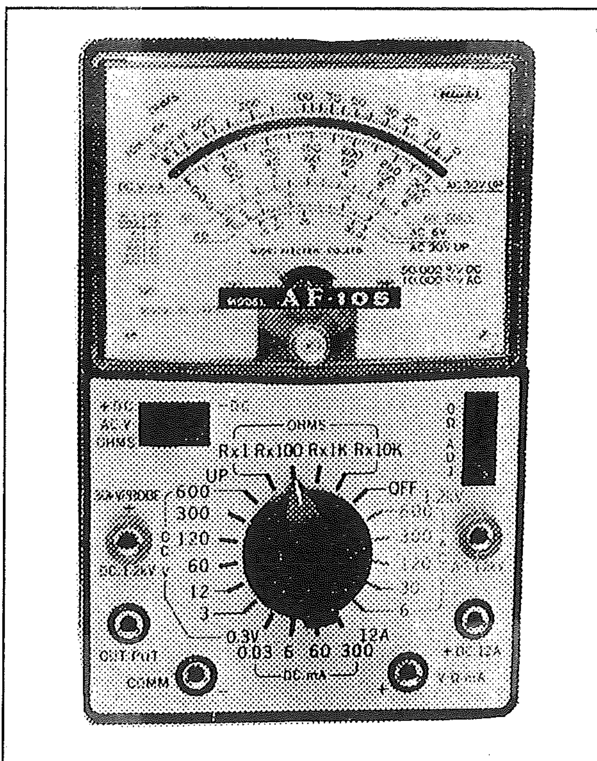
Hoe hoger de gevoeligheid van de meter, hoe minder kans er is dat de meting wordt beïnvloed. De universeelmeter onttrekt immers stroom aan het punt waarop wordt gemeten. Als er in een zeer hoogohmig systeem gemeten wordt, kan de meting zelfs waardeloos worden omdat de invloed van de meter dan te groot wordt. Een voorbeeldje: stel dat twee weerstanden van 1 MΩ in serie zijn aangesloten op een spanning van 10 V. Over iedere weerstand staat dus de halve voedingsspanning, of 5 V. Nu wil men met een analoge universeelmeter kijken of dit klopt. De meter wordt ingesteld op het 10 V bereik. Als de gevoeligheid van de meter 20 kΩ/V is, dan zal de inwendige weerstand van de meter 200 kΩ zijn. Dit betekent dat wanneer men als het ware de meetklemmen "inkijkt", de weerstand van de meter op dit bereik 200 kΩ is. Om te kunnen meten moet de meter, met zijn inwendige weerstand van 200 kΩ, parallel over een van de weerstanden worden aangesloten. De vervangingsweerstand van deze 1 MΩ weer-

**LEES OOK:**
Hoofdstuk 3/8.1.1
Hoofdstuk 3/8.1.2
Hoofdstuk 3/8.1.3
Hoofdstuk 3/8.1.4
Hoofdstuk 3/8.1.5



**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

stand parallel aan de 200 kΩ is 160 kΩ. Het is duidelijk dat deze meting finaal de mist in gaat, immers de weerstandsverhouding 1 MΩ en 160 kΩ over een spanning van 10 V, geeft een spanningsverhouding van respectievelijk 8,64 V en 1,46 V en niet 5 V en 5 V. Deze foute waarde (1,46 V) wordt dan ook door de universeelmeter aangegeven!




**Figuur 3/8.1.6-1:** De draaispoelmeter is het belangrijkste onderdeel van een analoge universeelmeter.

Hieruit blijkt dat men zich bij iedere meting moet afvragen hoe groot de meetfout zal zijn. Wil men de spanning meten over een weerstandsketen van een paar kΩ, dan zal het duidelijk zijn dat belasting door een instrument met bijvoorbeeld 200 kΩ weerstand een verwaarloosbare invloed heeft.

**De spiegelschaal**

De bedoeling van een eventueel aanwezige spiegelschaal is om de aflezing zo nauwkeurig mogelijk te maken. Wanneer men één oog dichtknijpt moet de gespiegelde wijzer precies wegvallen onder de wijzer, waarna de gemeten waarde wordt afgelezen.

**Schaalverdelingen**

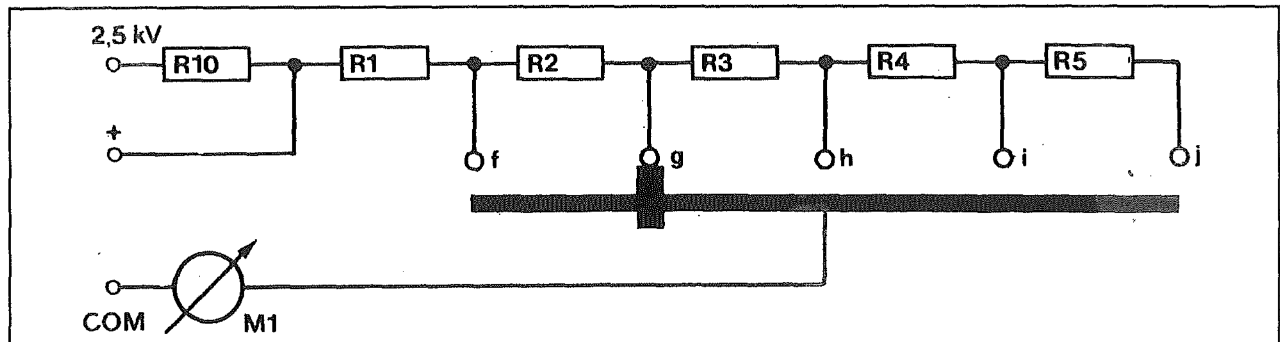
Op de schaal van het instrument zijn verschillende schaalverdelingen aangebracht voor de te meten grootheden en meetbereiken. In de meeste gevallen werken analoge universeelmeters met meetbereiken van 1, 3, 10, 30, etc. Dit in tegenstelling tot hun digitale soortgenoten die met meetbereiken van 1, 10, 100, etc. werken. Op de schaal van het draaispoelinstrument zijn dus in ieder geval twee schaalverdelingen aangebracht, een van 0 tot 3 en een van 0 tot 10. Deze gelden voor gelijkspanningen en -stromen. Voor wisselspanningen en weerstanden gelden in de meeste gevallen andere schaalindelingen.

**Verzorging**

De analoge universeelmeter is een kwetsbaar instrument en moet dan ook steeds met aandacht gebruikt worden. Overbelasting heeft snel een kromme wijzer of zelfs een verbrande draaispoel tot gevolg. Let voor een goede meting altijd op de volgende punten:

- Vóór de meting moet het nulpunt van de wijzer gecontroleerd worden en zo nodig bijgeregeld.
- Kies de juiste spanningssoort (AC of DC). AC staat voor wisselspanning, DC voor gelijkspanning.
- Stel de meter in op de gewenste meetgrootheid, dus spanning, stroom of weerstand.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**




**Figuur 3/8.1.6-2:** Het schema voor het meten van gelijkspanningen.

- Zet de bereikenschakelaar op het hoogste, of indien bekend, juiste meetbereik van de gekozen meetgrootheid.
- Sluit de pennen aan, let hierbij op de juiste polariteit.
- Als de naald te weinig uitslaat, schakel dan om naar een lager bereik, totdat de wijzer minstens over het midden van de schaal heen is.
- Bij weerstandsmetingen moet eerst gecontroleerd worden of, met kortgesloten pennen, de meter op nul Ω staat (wijzer geheel rechts). Hierna wordt de spanningsloos gemaakte weerstand gemeten, zo nodig eerst lossolderen uit de schakeling.

### Gelijkspanningen meten

In figuur 3/8.1.6-2 is getekend, hoe de meetschakeling voor gelijkspanning eruit ziet. De minpool van het draaispoelinstrument is rechtstreeks met de "common", de gemeenschappelijke aansluiting, verbonden. De plus is via de bereikenschakelaar met de verschillende voorschakelweerstanden verbonden.

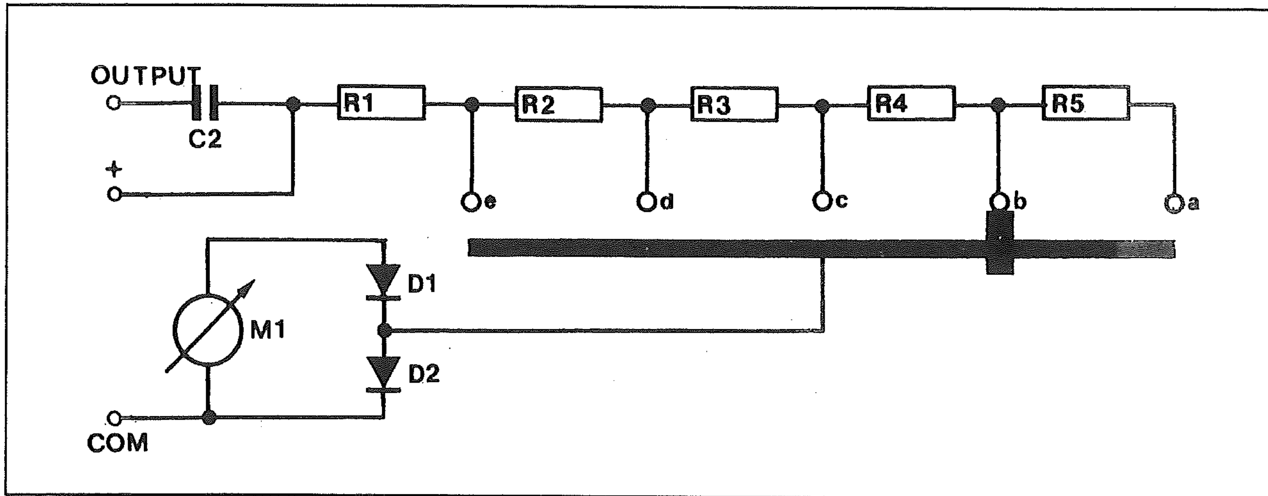
Deze precisieweerstanden zijn zo berekend dat ze, in serie geschakeld, steeds de juiste waarde voor een bepaald spanningsbereik vormen. De weerstand R10 van meestal 40 MΩ is via een afzonderlijke contactbus voor het 2.500 V bereik verbonden met de weerstanden R1 tot en met R5.

De waarde van de voorschakelweerstand, die in serie staat met het meetspoeltje, is afhankelijk van het meetbereik. Mag er bijvoorbeeld maximaal 0,1 V over het meetspoeltje staan, dan zal de voorschakelweerstand zo berekend worden, dat er bijvoorbeeld op het 100 V bereik 99,9 % van de spanning over komt te staan. Voor het meetspoeltje blijft dan 0,1 % over.

### Wisselspanningen meten

In figuur 3/8.1.6-3 is het wisselspanningscircuit getekend. Het verschil met de tekening van figuur 3/8.1.6-2 is dat de draaispoelmeter M1 nu niet rechtstreeks met de voorschakelweerstanden is verbonden, maar via twee dioden die voor de gelijkrichting van de wisselstroom zorgen. De wijzer kan immers alleen uitslaan als er een gelijkstroom door het spoeltje gestuurd wordt.

Zou er een wisselstroom door het spoeltje vloeien, dan zou de meter in principe bij de ene halve periode naar links willen uitwijken en bij de volgende halve periode naar rechts. Dit kan de naald nooit volgen, zodat de naald gewoon op nul blijft staan. Gebeurt dit ooit, alleen op het wisselspanningsbereik, dan is het zeker dat de dioden gesneuveld zijn.




**Figuur 3/8.1.6-3:** Het meten van wisselspanningen met een analoge universeelmeter.

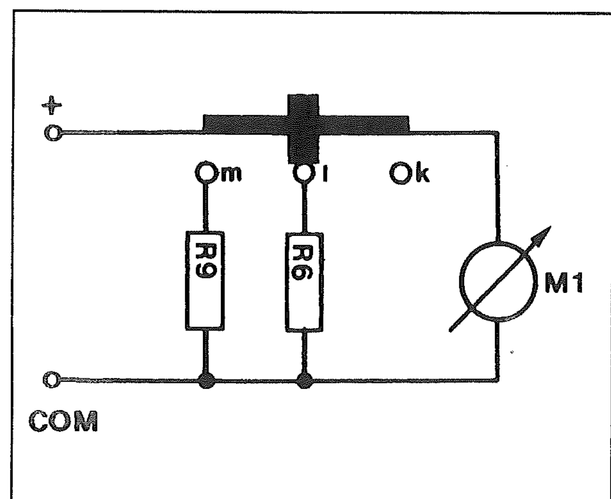
De serieschakeling van de dioden met het meetspoeltje gaat meestal wel ten koste van de gevoeligheid, vandaar dat bij de goedkope universeelmeters de wisselspanningsgevoeligheid meestal de helft is van de gelijkspanningswaarde.
De condensator C2 is bedoeld voor "output-metingen". Signaalspanningen, zoals bijvoorbeeld op een collector of basis, zijn nog voorzien van een gelijkspanningscomponent.
Om nu toch de signaal-(wissel)-spanning te kunnen meten, blokkeert condensator C2 deze gelijkspanning.

## Niet lineaire schaal

Het invoegen van de gelijkrichtdioden in de schakeling heeft tot gevolg dat de schaalindeling van een analoge universeelmeter voor wisselspanning niet lineair is. De dioden hebben immers een niet lineaire karakteristiek en dit komt tot uiting in de schaal.

## Gelijkstromen meten

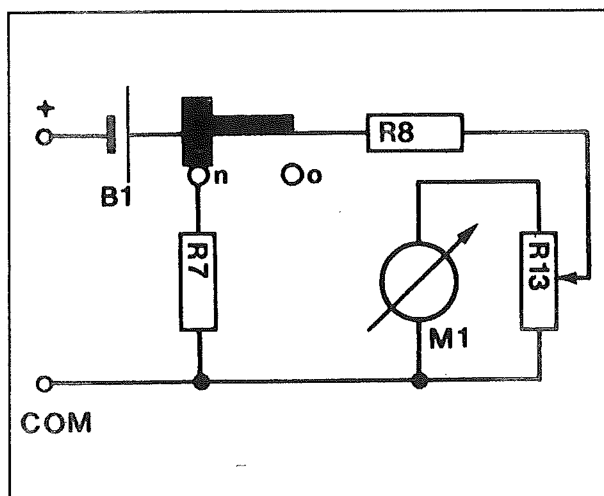
De stroom door de meetspoel mag bij de tot voorbeeld gestelde meter maximaal 50 µA bedragen. Om nu toch hogere stromen te kunnen meten, wordt er parallel over de meterspoel een zogenaamde shunt-weerstand gezet (R6 en R9 in figuur 3/8.1.6-4). Hoe kleiner deze weerstand is ten opzichte van de meterweerstand, hoe meer stroom hierdoor zal afvloeien en hoe hoger het meetbereik van de meter is.




**Figuur 3/8.1.6-4:** Het meten van gelijkstromen.

Zoals bekend moet stroom altijd gemeten worden in serie met een weerstand, waardoor de te meten stroom vloeit. Het na-

deel van stroommeten is, dat het te meten circuit moet worden onderbroken, waarna de stroomkring via de meter weer wordt gesloten. Wil men de stroom door een weerstand meten, dan is het vaak handiger om de spanning over deze weerstand te meten en deze te delen door de weerstandswaarde. Bijvoorbeeld: 10 V gedeeld door 1 kΩ is gelijk aan 10 mA. Zonder dat er iets losgesoldeerd moet worden, weet men dan toch de stroom door de weerstand.




**Figuur 3/8.1.6-5:** Het meten van weerstanden.

**Weerstanden meten**

In figuur 3/8.1.6-5 is het schema weergegeven voor weerstandsmeten. Bij dit soort metingen is een hulpspanning nodig. Hiervoor wordt meestal een 1,5 V penlight batterij B1 gebruikt die via R8 en een deel van R13 in serie staat met de meter. Als de meetpennen worden kortgesloten is de stroomkring rond en kan met R13 de meter op 0 Ω (maximale uitslag) worden afgeregeld.

Wordt nadien een weerstand gemeten, dan zal door de extra weerstand in het circuit de stroom dalen, waardoor de meter minder uitslaat. Hoe groter de weerstand, hoe kleiner de stroom door het spoeltje en hoe minder de wijzer uitslaat.

**Omgekeerde schaal**

Een analoge universeelmeter heeft dus voor weerstandsmetingen een omgekeerde schaal! In het normale nulpunt staat het "∞"-symbooltje.

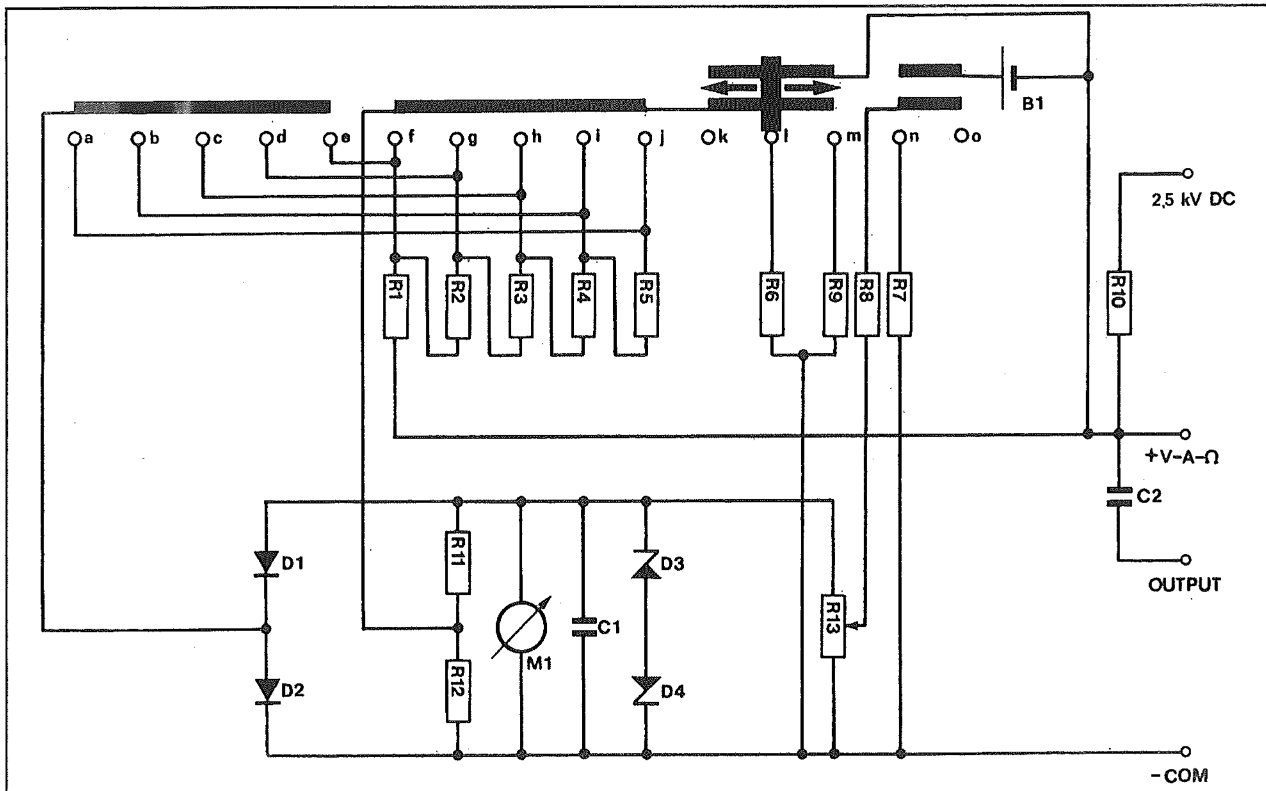
Dat betekent dat géén wijzeruitslag overeen komt met een oneindig hoge weerstand. Logisch, want in dat geval vloeit er uiteraard geen stroom door de schakeling. De maximale meteruitslag komt, zoals reeds gesteld, overeen met een weerstand van 0 Ω of dus met kortgesloten meetpennen.

**Het totaal schema**

Als men alle besproken deelschema's samenvoegt ontstaat het praktisch schema van figuur 3/8.1.6-6. De elektrische betrouwbaarheid is verhoogd door de overbelastingsbeveiliging met de zenerdioden D3 en D4 over de draaispoelmeter. Men mag hier echter geen wonderen van verwachten! De bedoeling van deze zenerdioden is dat zij pas in geleiding komen als de maximale spanning over de meetspoel een voor deze laatste gevaarlijke waarde bereikt. Is nu de overbelasting zeer groot (bijvoorbeeld meten van de netspanning op het laagste stroombereik), dan zijn ook deze dioden daartegen niet bestand, waardoor ze doorslaan en dus isoleren. Nu kan toch een veel te grote stroom door het spoeltje lopen en zal de wijzer alsnog zes maal omkrullen, waarna de spoel in rook opgaat. Voorzichtigheid blijft dus geboden!

De condensator C1 zorgt voor de meterdemping en afvlakking, terwijl de weerstanden R11 en R12 als spanningsdeler over het spoeltje staan.

## 8.1 Grondbeginselen van de meettechniek




**Figuur 3/8.1.6-6:** Het volledig schema van een analoge universeelmeter.

# 3/8.1.7

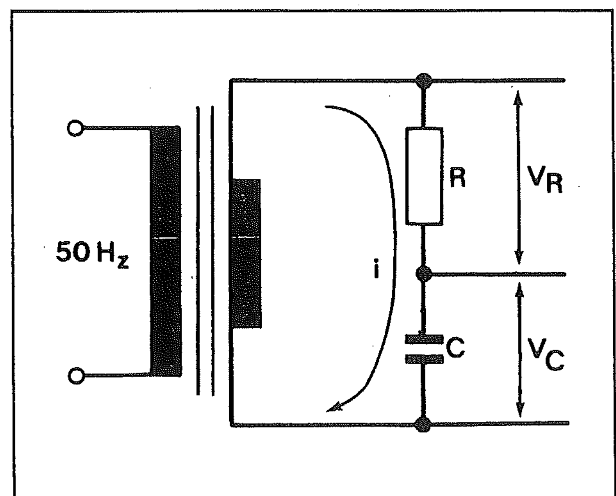
# Condensatoren meten met de universeelmeter

**Inleiding**

In tegenstelling tot de gewoonte bij weerstanden, is het bij condensatoren niet gebruikelijk de waarde van het onderdeel door middel van de internationaal overeengekomen kleurencode op het component te vermelden. Er zijn wel uitzonderingen, zoals sommige ceramische condensatoren en de MKH-exemplaren, maar deze maken een minderheid uit van het totaal aanbod. Het kan dus gebeuren dat door veel gebruik de waarde van de condensator onleesbaar is geworden. Uiteraard bestaan er wel meetbruggen, waarmee men capaciteiten kan meten, maar deze zijn veel te duur, als men rekening houdt met het geringe gebruik dat ervan gemaakt wordt. Gelukkig kan men met behulp van een universeelmeter (zelfs de goedkoopste) hetzelfde resultaat bereiken, zij het met een geringere nauwkeurigheid en met wat meer werk.

**Het principe**

Het principe van de meetmethode berust op het basisgegeven van de elektrotechniek dat een condensator, zo te zien een ideale isolator, voor wisselspanningen toch een bepaalde "weerstand" heeft. Deze zogenaamde impedantie is niet alleen afhankelijk van de waarde van de condensator, maar eveneens van de grootte van de frequentie van het signaal dat over de condensator staat.

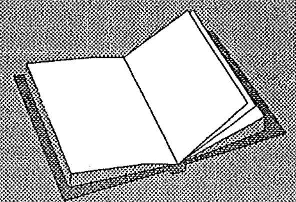



**Figuur 3/8.1.7-1:** Het principe van de meetmethode.

De impedantie wordt overigens gewoon in Ω uitgedrukt.

Als men dus een condensator C in serie met een weerstand R op de secundaire van bijvoorbeeld een beltrafo aansluit, zoals getekend in figuur 3/8.1.7-1, zal er door de keten een bepaalde wisselstroom

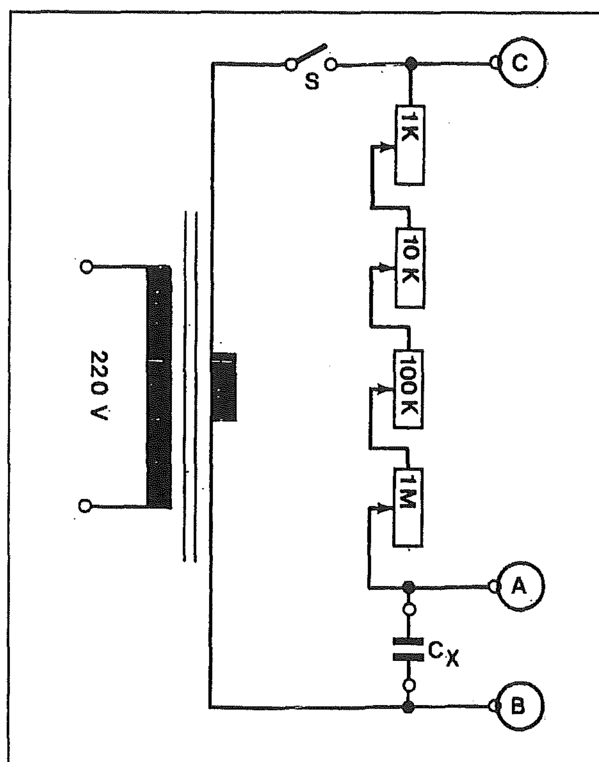
LEES OOK:
Hoofdstuk 3/4.6
Hoofdstuk 3/8.1.1
Hoofdstuk 3/8.1.2



vloeien, waarvan de waarde wordt bepaald door de waarde van R en door de impedantie van C. Daar men met een constante netfrequentie werkt, is de impedantie alleen afhankelijk van de grootte van de condensator. Door het vloeien van deze stroom ontstaan er spanningsvallen over de weerstand en de condensator. Als beide spanningsvallen aan elkaar gelijk zijn, kan men besluiten dat de impedantie van de condensator C gelijk is aan de waarde van de weerstand R. Deze laatste kan men met een universeelmeter meten en door een eenvoudige berekening (één deling!) kan de waarde van de condensator berekend worden.

**Opmerking**
Een vreemd verschijnsel dat voor verwarring kan zorgen, moet even vermeld worden. Als men met de universeelmeter, op wisselspanningsbereik geschakeld, de wisselspanning over de weerstand meet en nadien de spanning over de condensator, dan zal men vaststellen dat de som van beide spanningen groter is dan de secundaire trafospanning! Nu wil dit niet zeggen dat de meter stuk is, het verschijnsel is volstrekt normaal, maar om het hoe en waarom uit te leggen zouden ingewikkelde begrippen als faseverschuivingen en vectordiagrammen aan de orde komen en dat gaat te ver in het kader van dit hoofdstuk. Meer hierover in hoofdstuk 3/4.8.

**De praktijk**
Op een stukje print worden vier instelpotentiometertjes in serie geschakeld, zoals in figuur 3/8.1.7-2 te zien is. Een uiterste aansluiting van de potmeters wordt dus niet gebruikt. De onbekende condensator wordt verbonden met één aansluiting van het geheel. De zo gevormde keten wordt, in serie met een schakelaartje, aangesloten op de secundaire winding van een trafo, bijvoorbeeld een beltrafo of een 12 V type.




**Figuur 3/8.1.7-2:** De meetmethode in de praktijk.

De "common"-klem van de op wisselspanning geschakelde universeelmeter wordt verbonden met het knooppunt A van de condensator en de potmeters. Sluit schakelaar S en meet de spanningen tussen de punten A-B en tussen de punten A-C.
De kunst is nu, door middel van het verdraaien van de potmeters, beide spanningen exact gelijk te krijgen. Het eenvoudigst kan men dit doen door langzaam aan de potmeters te draaien en ondertussen de wisselspanningsmeetklem van de meter voortdurend om te schakelen van punt B naar punt C. Het zal duidelijk zijn dat het draaien aan de 1 MΩ potmeter veel meer invloed heeft dan het veranderen van de potmeter van 100 Ω.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

$$\text{Kapaciteit (in uF)} = \frac{3{,}184}{\text{gemeten weerstand (in k-ohm)}}$$

**Figuur 3/8.1.7-4:** De formule voor het nauwkeurig berekenen van de condensatorwaarde uit de weerstandswaarde.

**Opmerking**
De meetmethode is universeel bruikbaar voor iedere condensator tussen 1 µF tot 1 nF. In de meeste gevallen zullen dus de potmeters van 1 MΩ en 100 kΩ volledig weggeregeld moeten worden.

**Berekenen**
Als beide spanningen aan elkaar gelijk zijn opent men de schakelaar S, zet de universeelmeter op het weerstandsbereik en meet de weerstand tussen de punten A en C. De gemeenschappelijke klem, massaklem of "common" van de meter kan dus gedurende de volledige meetprocedure verbonden blijven met punt A.
Nu komt de tabel van figuur 3/8.1.7-3 van pas. Hier is het verband tussen gemeten weerstand en capaciteit van de onbekende condensator uitgezet. Als de weerstand ergens tussen twee getallen inzit, dan zit eveneens de condensator tussen de in de tabel vermelde waarden.
In de tabel staat slechts één capaciteitsdecade vermeld (van 10 nF tot 100 nF). Als de gemeten weerstand tien keer **KLEINER** is dan een getal uit de tabel, dan wil dit zeggen dat de onbekende condensator tien keer **GROTER** is. Dus: stel dat de uitkomst van de meting 25 kΩ is. Uit de tabel en met de hulp van hogervermelde regel, kan dan afgeleid worden dat de condensator ongeveer 120 nF groot is.
Hetzelfde geldt natuurlijk eveneens omgekeerd: weerstand tien maal **GROTER** wil zeggen dat de condensator tien maal **KLEINER** is.
Uiteraard gelden dezelfde regels als de gemeten weerstand een factor 100 groter of kleiner is.

| Gemeten weerstand | Kapaciteit |
|---|---|
| 318,4 k-ohm | 10 nF |
| 256,3 k-ohm | 12 nF |
| 212,3 k-ohm | 15 nF |
| 176,9 k-ohm | 18 nF |
| 144,7 k-ohm | 22 nF |
| 117,9 k-ohm | 27 nF |
| 96,5 k-ohm | 33 nF |
| 81,6 k-ohm | 39 nF |
| 67,7 k-ohm | 47 nF |
| 56,9 k-ohm | 56 nF |
| 46,8 k-ohm | 68 nF |
| 38,8 k-ohm | 82 nF |

**Figuur 3/8.1.7-3:** Het verband tussen de gemeten weerstand en de condensator waarde.

**De nauwkeurigheid**
Uiteraard is de tabel niet erg uitgebreid en nauwkeurig. Met deze tabel kunnen slechts schattingen gemaakt worden. Dat is niet zo erg, want ook de gebruikte meetmethode is zeer onnauwkeurig. Een goedkope universeelmeter kan op zijn wisselspanningsbereiken wel 5 % fout meten en

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

met de nauwkeurigheid van weerstandsmetingen is het meestal niet beter gesteld. Wie echter goede meetapparatuur heeft en condensatorwaarden tot acht decimalen na de komma wil berekenen, kan gebruik maken van de in figuur 3/8.1.7-4 ingekaderde formule. Deze formule is de eenvoud zelve: men deelt het getal 3,184 door de gemeten weerstandswaarde (in kΩ) en het resultaat is de capaciteit van de condensator in μF.

Het resultaat van deze berekening kan voor kleine condensatoren een getal zijn met vele nullen na de komma. Als men even in de gaten houdt dat men over kan schakelen van μF naar nF door de komma drie cijfers naar rechts te verschuiven, dan zal men deze kleine getallen gemakkelijk in de meer gangbare uitdrukkingen kunnen omzetten.

# 3/8.1.9

# Het meten aan audio-apparatuur

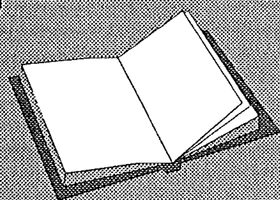
## Inleiding

**Typische hobby-activiteit**
Iedereen heeft audio-apparatuur in huis en voor de rasechte elektronica hobbyist is dergelijke apparatuur uiteraard een grote uitdaging. Is het echt waar dat die nieuwe Philips-versterker een uitgangsvermogen van 2 x 100 W levert? Is de vervorming van die versterker bij dit vermogen echt maar 0,012 %? Vragen die om antwoorden schreeuwen en waarbij het zoeken naar die antwoorden een zinvolle verrijking van de elektronica-hobby kan zijn. Weten is meten, luidt een oud spreekwoord, en voor het weten van de antwoorden op de gestelde vragen zal men dus moeten meten. Het leuke van het meten aan audio-apparatuur is dat er niet erg veel meetapparatuur voor nodig is en dat de noodzakelijke apparaten redelijk geprijsd zijn. Gevorderde hobbyisten zullen bovendien de meeste apparaten reeds in het hobby-lab hebben staan.

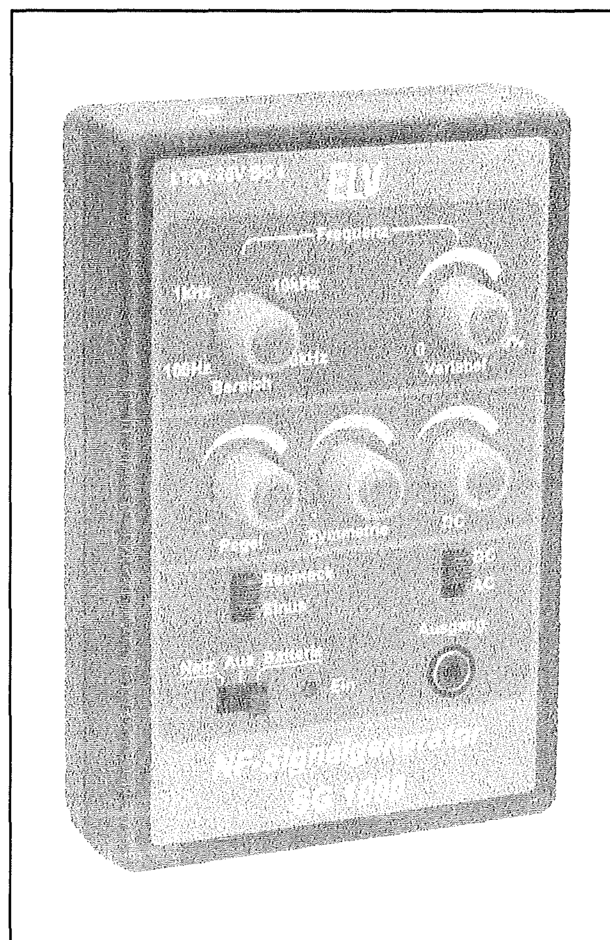
**Noodzakelijke apparatuur**
Voor het meten aan audio-apparatuur heeft men in ieder geval onderstaande apparaten nodig:
- Sinusoscillator;
- Millivoltmeter;
- Oscilloscoop;
- Distortiemeter;
- Diversen;
- PC-hulpmiddelen.

**Sinusoscillator**
Audio-apparatuur verwerkt frequenties van 10 Hz tot 20 kHz en het is dus logisch dat men een generator nodig heeft die dergelijke signalen kan opwekken. Meer is echt niet noodzakelijk, veel belangrijker is de harmonische vervorming op het uitgangssignaal van het apparaat. Wil men niet alleen frequentie-karakteristieken meten, maar ook vervormingen gaan opsporen, dan is het absoluut noodzakelijk dat de gebruikte sinusoscillator een eigen harmonische vervorming heeft, die minstens een factor tien lager is dan de vervorming die men wil meten. Moderne versterkers beweren met een eigen vervorming van minder dan 0,1 % door het leven te gaan. Wil men dit soort reclamekreten op waarheidsgehalte onderzoeken, dan moet de sinusoscillator die men

**LEES OOK:**
Hoofdstuk 3/8.2.9
Hoofdstuk 3/8.2.10
Hoofdstuk 3/8.10.9

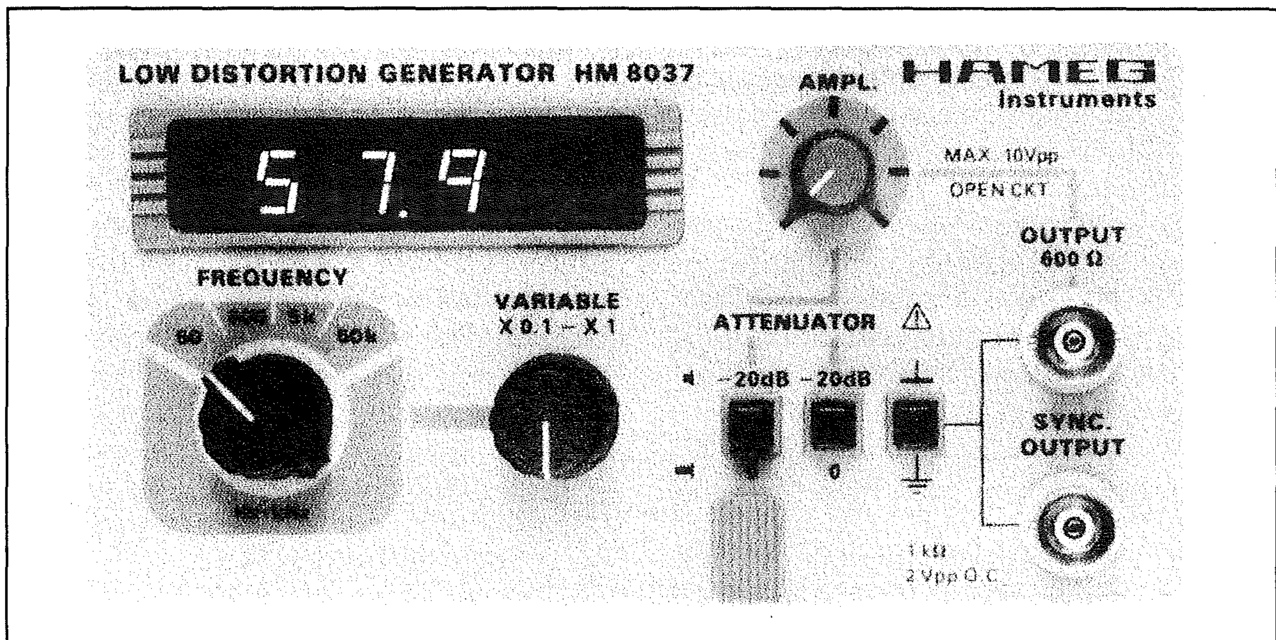


gebruikt dus een eigen vervorming hebben die kleiner is dan 0,01 %! Tegenwoordig heeft men nogal snel de neiging een zogenoemde "functiegenerator" te kopen. Deze apparaten zijn vrij goedkoop en leveren sinussen, driehoeken en rechthoeken tot 10 MHz. Vraag echter niet naar vervormingspercentages! Deze liggen meestal ver boven de 1 % en dergelijke apparaten, hoe indrukwekkend ook, zijn volstrekt ongeschikt voor serieuze metingen aan audio-apparatuur. De oude, vertrouwde "toonfiets", werkende met een brug van Wien, is nog steeds het beste sinus-genererende apparaat. Helaas treft men dergelijke oscillatoren nauwelijks nog aan in de doe-het-zelf branche. Een zeer bruikbaar apparaatje wordt geleverd door de Duitse firma ELV, in Nederland vertegenwoordigd door DIL uit Rotterdam. Onder typenummer SG1000 wordt een sinusoscillator geleverd met een frequentiebereik van 10 Hz tot 100 kHz, met een gegarandeerde maximale vervorming van 0,02 % bij 1 kHz. Het handzame apparaatje, zie figuur 3/8.1.9-1, kan bovendien gevoed worden uit een 9 V batterij, hetgeen veel problemen met massalussen en inductie-brom kan voorkomen. Als bouwpakket kost dit apparaatje nog geen *f* 100,00, kant en klaar moet men ongeveer *f* 150,00 op tafel leggen. Het enige nadeel van deze oscillator is dat men de ingestelde frequentie niet erg nauwkeurig kan aflezen, maar omdat de meeste hobbyisten tegenwoordig een digitale frequentiemeter hebben valt dit bezwaar in de praktijk wel mee.
Wie wat meer geld ter beschikking heeft kan de "Low Distortion Generator" HM8037 van Hameg aanschaffen. Zoals uit figuur 3/8.1.9-2 blijkt, heeft deze generator een digitale frequentieschaal en wordt hij in module-vorm geleverd. Hij past, samen met een tweede module, in een kast waarin de voeding zit.
Deze opzet maakt de basis-investering vrij groot, men moet immers ook die kast kopen. De kast, met als type-nummer HM8001 kost ongeveer *f* 550,00, de generator zélf ongeveer *f* 700,00. Veel geld voor de doe-het-zelver, maar als men ook nog eens vervormingen wil meten, kan men een tweede module aanschaffen die naadloos samenwerkt met de generator en waarmee men vervormingen tot minder dan 0,01 % kan meten (zie later).




**Figuur 3/8.1.9-1:** De sinusoscillator SG1000 van ELV.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**




**Figuur 3/8.1.9-2:** De HM8037 oscillator van Hameg.

Deze combinatie werkt al jaren lang tot volle tevredenheid in het Vego-lab (waar dit naslagwerk in opdracht van Uitgeverij WEKA gemaakt wordt) en is in feite het enige betaalbare systeem om harmonische vervormingen te meten. De HM8037 levert sinussen van 5 Hz tot 50 kHz met een gegarandeerde vervorming van minder dan 0,01 % tussen 20 Hz en 10 kHz! Over het volledige frequentiebereik wordt een percentage van kleiner dan 0,05 % gegarandeerd, hetgeen voor een apparaat van die prijsklasse werkelijk uniek te noemen is. Naast een frequentiebereik van minimaal 10 Hz tot 20 kHz en een zo laag mogelijke vervorming moet een bruikbare sinusoscillator beschikken over een goede verzwakker, waarmee men de uitgangsspanning in stappen en continu kan instellen tussen 1 mV en 3 V. Ook hierbij geldt dat hogere uitgangsspanningen indrukwekkend klinken, maar geen enkel nut hebben en meestal het vervormingspercentage flink opdrijven. De SG1000 van ELV levert signalen van 0 V tot 6 V top-tot-top, de HM8037 gaat van 0 V tot 10 V top-tot-top en heeft twee verzwakkerknoppen die ieder een verzwakking van -20 dB introduceren.

**Millivoltmeter**

Audio-apparatuur verwerkt signalen van een paar mV tot tientallen V. Al deze wisselspanningen moeten nauwkeurig gemeten worden. De meeste doe-het-zelvers hebben uiteraard een digitale universeelmeter, waarmee men wisselspanningen kan meten. Hoewel deze apparaten zeer nauwkeurig gelijkspanningen en -stromen meten, zijn zij toch niet zo geschikt voor het meten aan audio-apparatuur. In de meeste gevallen is hun nauwkeurigheid voor wisselspanningen veel lager, zo rond de 2,5 %, en dit dan vaak maar gespecificeerd tot 10 kHz. Bovendien heeft men niet erg veel aan V-bereiken, in de meettechniek werkt men meestal men dB's. Hoewel er digitale universeelmeters zijn die ook dB-meetbereiken hebben, is de nauwkeurigheid daarvan bedroevend.

Alleen met digitale meters die vele duizenden gulden kosten kan men nauwkeurig dB-waarden meten! Dus terug naar het stenen tijdperk en een goedkope analoge millivoltmeter kopen! In het Vego-lab wordt gebruik gemaakt van de VM-1000 van Monacor, een instrument dat ongeveer *f* 460,00 kost. De meter heeft twaalf meetbereiken van 300 $\mu V_{eff}$ (!) volle schaal tot 100 $V_{eff}$ volle schaal. Het frequentiebereik gaat van 5 Hz tot 1 MHz met een nauwkeurigheid van +/-10 %. Binnen de grenzen 20 Hz tot 200 kHz is de nauwkeurigheid +/-3 %, niet veel slechter dan goedkope digitale meters dus. Naast een lineaire mV-schaal heeft de analoge wijzerplaat twee dB-schalen, een met een nulpunt bij 0,775 $V_{eff}$ en een met een nulpunt bij 1 $V_{eff}$. De meter heeft een BNC-ingang, zodat men de gebruikelijke volledig afgeschermde BNC-kabels kan toepassen.

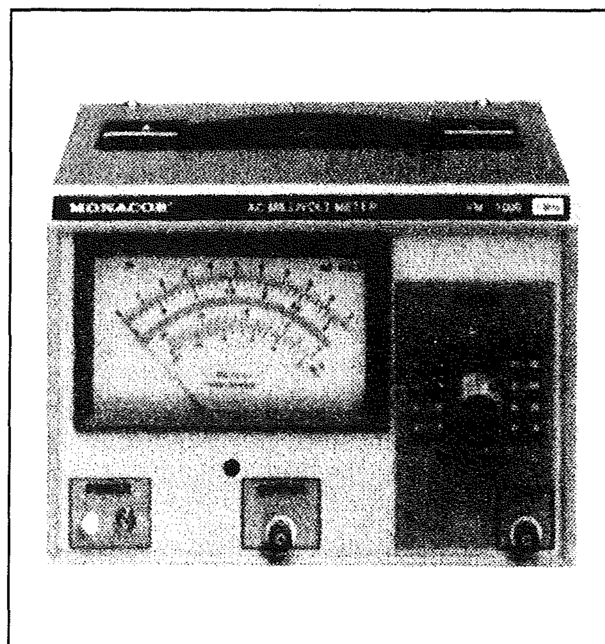
### Oscilloscoop

Een oscilloscoop is nuttig voor het bekijken van het soort vervorming dat een audio-apparaat opwekt en voor het meten van het maximale vermogen. De eisen die aan een dergelijk apparaat gesteld worden zijn bij deze toepassingen minimaal. In feite is zelfs de "slechtste" scoop goed genoeg voor het meten aan audio-apparaten!

### Distortiemeter

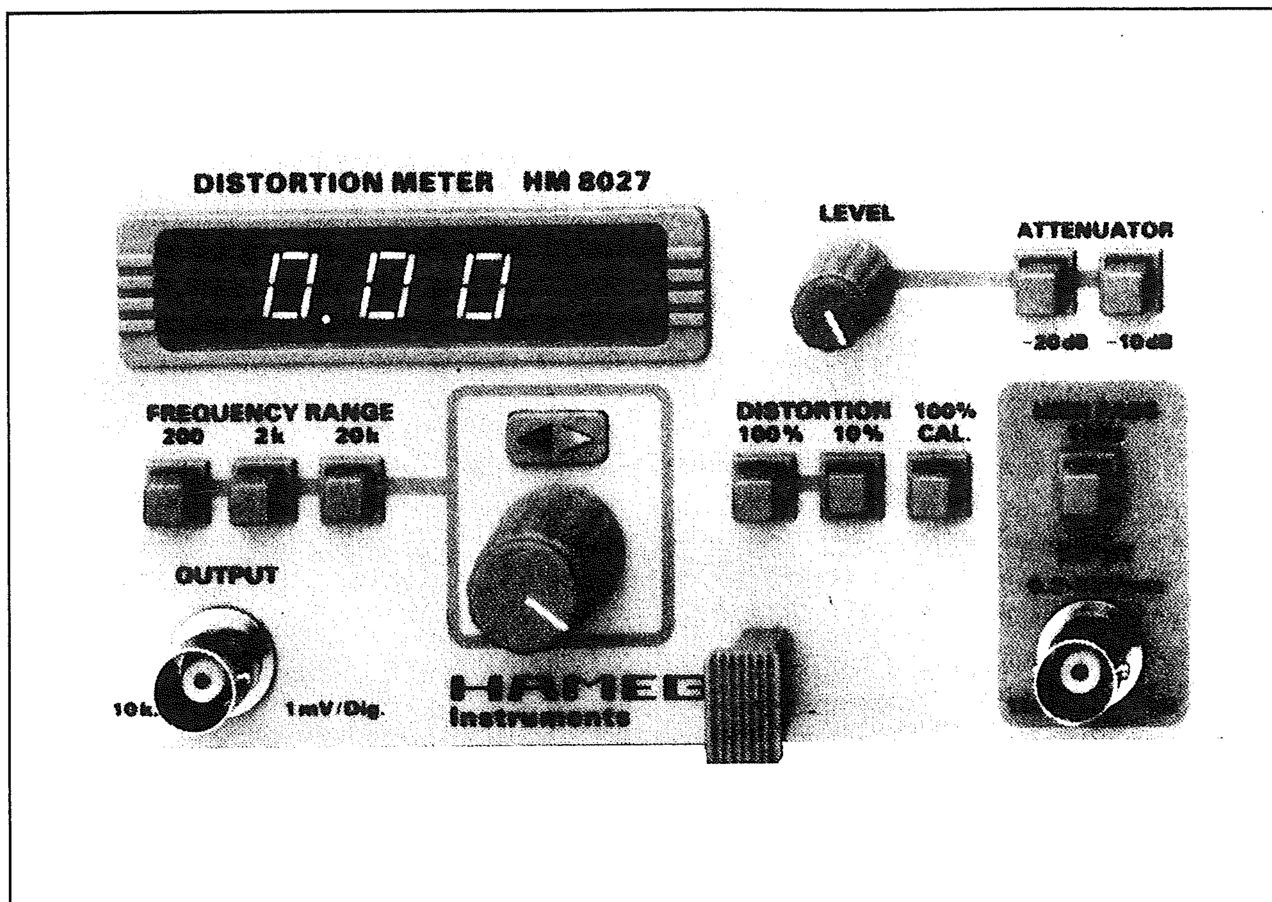
Distortie is een geleerd woord voor wat normale mensen vervorming noemen. Met een distortiemeter kan men dus harmonische vervormingen meten, zij het dat men hiervoor ook een sinusoscillator nodig heeft met een minimale eigen vervorming. De functie van een dergelijk apparaat is eigenlijk erg eenvoudig. Stel dat men via de sinusoscillator een signaal met een frequentie van 1 kHz aan een versterker toevoert. In de uitgang van de versterker zal men, als gevolg van de harmonische vervorming, ook kleine signaaltjes aantreffen met frequenties van 2 kHz, 3 kHz, 4 kHz, etc. Een distortiemeter doet nu niets anders dan het signaal met een frequentie van 1 kHz volledig uit het uitgangssignaal wegfilteren, zodat alleen de vervorming overblijft. Nadien kan men deze meten en uit de verhouding tussen de grootte van het 1 kHz signaal in de uitgang tot de groottes van de overige componenten kan men het vervormingspercentage berekenen.

Dergelijke apparatuur is in de professionele sector te kust en te keur te koop. Betaalbare aanbiedingen moet men echter met een vergrootglas zoeken. Gelukkig brengt Hameg in zijn module-reeks een zeer goede en redelijk geprijsde distortiemeter op de markt.




**Figuur 3/8.1.9-3:** De VM1000 millivoltmeter van Monacor.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**




**Figuur 3/8.1.9-4:** De distortiemeter HM8027 van Hameg.

De HM8027, zie figuur 3/8.1.9-4, kost ongeveer *f* 650,00 en kan samen met de reeds besproken sinusgenerator van dat merk in één behuizing ondergebracht worden. Deze meter heeft een digitale schaal, waarop men het vervormingspercentage rechtstreeks kan aflezen en wel in de bereiken 10 % en 100 %. Dank zij de drie digits van de uitlezing kan men percentages tot 0,01 % aflezen. De frequentie die uitgefilterd kan worden ligt tussen 20 Hz en 20 kHz, waarbij de onderdrukking groter is dan 90 dB. Belangrijk is dat dit filter beschikt over een automatisch werkende afstemming. Legt men een signaal aan met een basisfrequentie van 1 kHz, dan moet men met de hand dit signaal zo veel mogelijk verzwakken. Het filter heeft echter een volg-functie, hetgeen wil zeggen dat de elektronica nadien automatisch het afstempunt opzoekt, waarbij de basisfrequentie maximaal onderdrukt wordt. In de praktijk is dat erg handig, omdat drift in de uitgangsfrequentie van de sinusoscillator automatisch bijgeregeld wordt in het filter, zodat deze drift de vervormingspercentages niet kan beïnvloeden.

**Diversen**

Met de vier beschreven apparaten kan men de meest relevante metingen uitvoeren aan audio-apparatuur. Daarnaast zijn er nog wat handige hulpmiddeltjes, die het leven van de meet-expert kunnen veraangenamen. Een van die handigheden

wordt voorgesteld in figuur 3/8.1.9-5. Als men eindversterkers wil testen op maximaal vermogen, moet men de uitgang belasten. Nu is het vrij onhandig om dat men een luidspreker te doen. Vandaar dat men een belastingsweerstand nodig heeft. De meeste eindversterkers leveren tegenwoordig hun maximaal vermogen bij een belasting van 4 Ω. Deze waarde kan men samenstellen door twee 15 Ω weerstanden en twee 18 Ω weerstanden parallel te schakelen. De vervangingsweerstand bedraagt 4,09 Ω. Past men vier draadgewonden weerstanden van 10 W toe, dan staat een maximaal vermogen van 40 W ter beschikking. Monteert men deze vier weerstanden op een stukje print, zoals voorgesteld in figuur 3/8.1.9-5 en schroeft men een flinke koelplaat op de weerstanden, dan zal het maximaal te dissiperen vermogen zeker een Watt of zeventig worden, voldoende om normale eindversterkers uren op vol vermogen te testen.

**PC-hulpmiddelen**

Tegenwoordig kan een PC op een vrij eenvoudige manier geschikt worden gemaakt voor het meten van elektronische gegevens. Men verkoopt uitbreidingsprinten, die van de PC een hoogwaardige audio-meetplaats maken. Nadeel is dat dergelijke uitbreidingen vrij prijzig zijn. De firma ELV biedt echter een aantal vrij goedkope uitbreidingskaarten aan, met goede software, die de PC omvormer tot bijvoorbeeld een schrijver van weergavekarakteristieken.

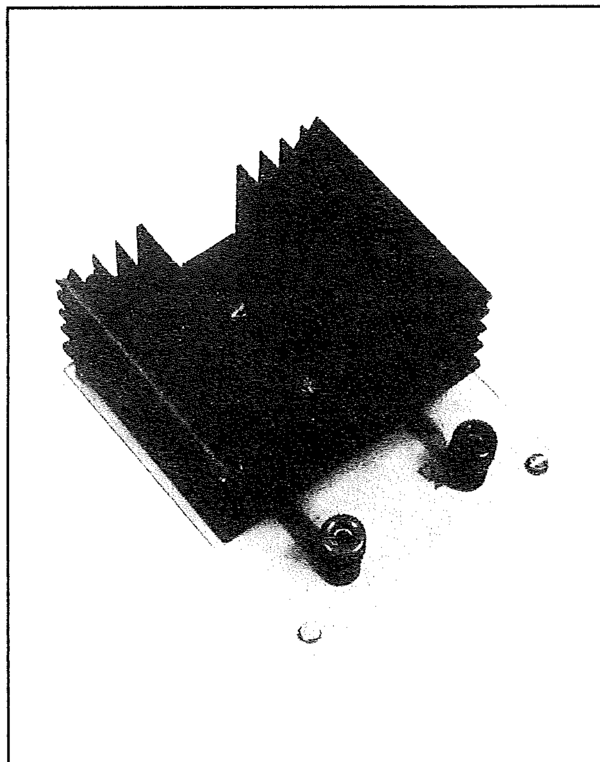
In het vervolg van dit hoofdstuk zullen dergelijke uitbreidingen nog aan de orde komen.

**Wat kan men meten?**

Aan audio-apparatuur kan heel wat gemeten worden. Niet alle metingen zijn echter even zinvol, zodat de nadruk in dit hoofdstuk ligt op het meten van:

- spanningsniveaus;
- frequentie-karakteristieken;
- signaal/storing-verhoudingen;
- dynamiek;
- overspraakdemping;
- harmonische vervormingen;
- maximaal vermogen.

Met deze zes metingen krijgt men een goede indruk van de kwaliteit van een audio-systeem.



**Figuur 3/8.1.9-5:** Een handig hulpmiddel is een belastingsweerstand van 4 Ω, 40 W.

# Eerst wat theorie

**Karakteristieken**

Audio-apparatuur verwerkt signalen met frequenties tussen 20 Hz en 20 kHz. De meeste specificaties van een apparaat, zo-

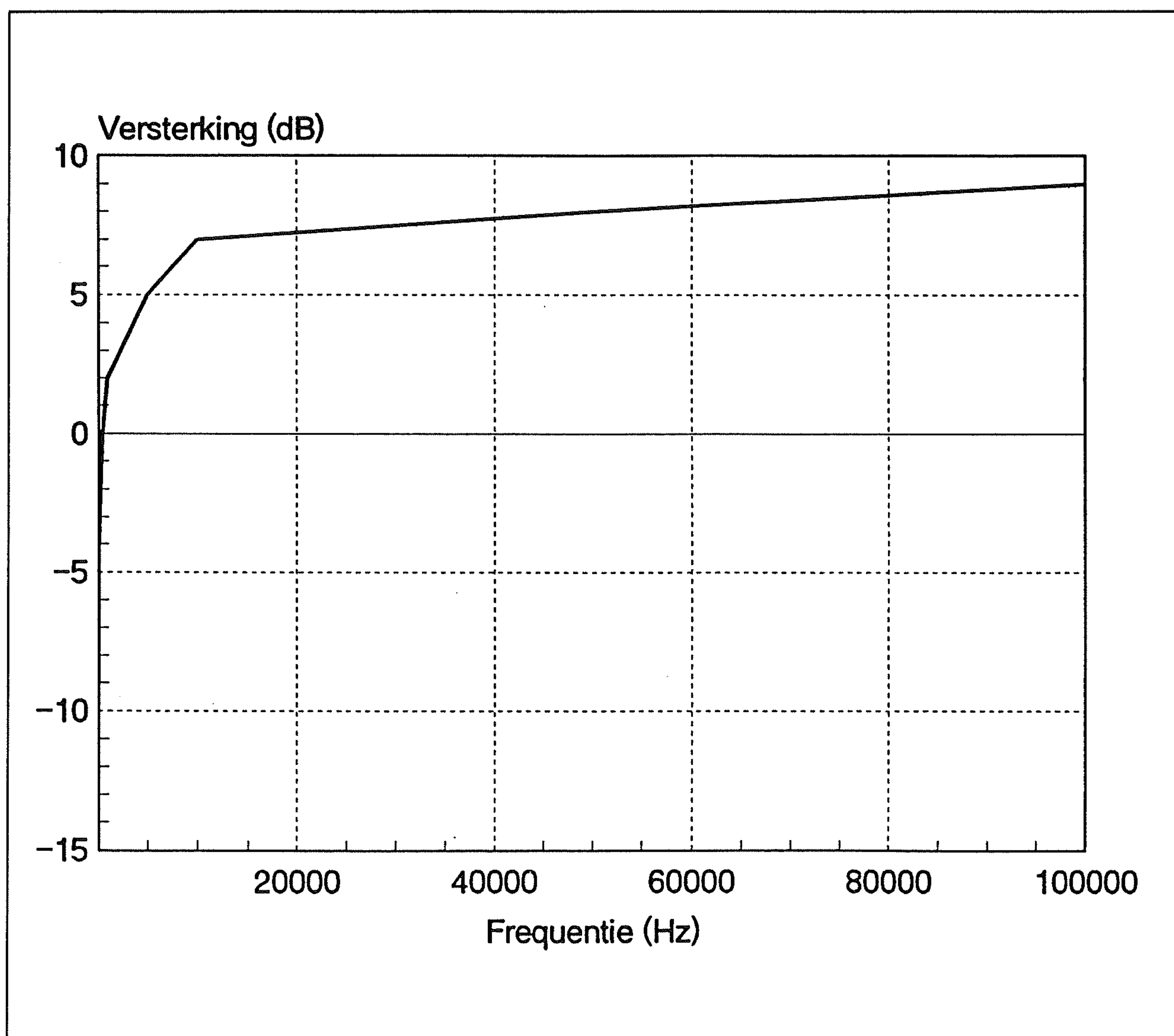
als vervorming, frequentie-karakteristiek en maximaal vermogen, zijn frequentie-afhankelijk. Dat wil zeggen dat de waarden van deze specificaties heel overzichtelijk in een grafiek weergegeven kunnen worden.
Er doet zich hierbij echter een praktisch probleem voor. Stel dat men de versterking van een versterker heeft opgemeten bij de onderstaande meet-frequenties:
- 10 Hz: -10 dB
- 50 Hz: -7 dB
- 100 Hz: -4 dB
- 500 Hz: 0 dB
- 1 kHz: +2 dB
- 5 kHz: +5 dB
- 10 kHz: +7 dB
- 50 kHz: +8 dB
- 100 kHz: +9 dB

Men kan deze op zich zeer onoverzichtelijke meetwaarden zeer aanschouwelijk maken door deze op te nemen in een x/y-grafiek. Op de horizontale x-as zet men de frequentie uit, van 10 Hz tot 100 kHz, op de vertikale y-as zet men de versterking uit, van -10 dB tot 9 dB. Het resultaat van deze arbeid is te zien in figuur 3/8.1.9-6. Hoewel dit een zeer fraaie grafiek is, ziet men er vrij weinig op. Dat is een gevolg van de ***lineaire*** frequentieschaal. Omdat de x-as lineair ingedeeld is, neemt het frequentie-bereik van 0 Hz tot 20 kHz even veel ruimte in als het frequentie-bereik van 80 kHz tot 100 kHz. De zeer interessante gegevens, namelijk het gedrag van het apparaat bij de zeer lage frequenties, zijn dus helemaal samengeperst op een paar millimeters van de frequentie-as! Dat gebied is zo smal dat de gegevens niet uit de grafiek zijn af te lezen. De oplossing van dit probleem is gebruik te maken van een ***logaritmisch*** ingedeelde horizontale as. Wat dit betekent is geschetst in figuur 3/8.1.9-7. Nu neemt iedere decade even veel ruimte in, hetgeen wil zeggen dat het frequentie-gebied van 10 Hz tot 100 Hz even breed is als dit van 10 kHz tot 100 kHz. Het gevolg is dat men een prachtige grafische kijk heeft op het gedrag van de versterker bij de allerlaagste frequenties.
Om de eigenschappen van audio-apparatuur overzichtelijk in grafieken samen te vatten heeft men dus grafiekpapier nodig met een logaritmisch ingedeelde horizontale as. Dat is moeilijk te verkrijgen, maar als extra service vindt de lezer(es) aan het einde van dit hoofdstuk een aantal mooie, grote lege grafieken, die volledig zijn voorbereid op het opnemen van de resultaten van metingen aan audio-apparatuur. De eerste heeft een vertikale as die ingedeeld is van +25 tot -25 en die dus uitermate geschikt is voor het opnemen van frequentie-karakteristieken. De tweede heeft een vertikale as met een indeling van 0 tot 10 en is bruikbaar voor het opnemen van vervormings- en vermogenskarakeristieken.

**De referentiespanning**
Bij het meten van een signaalspanning gaat het slechts indirect om het meten van de absolute spanningsgrootte van dat signaal. De waarde van de spanning van het signaal wordt vergeleken met een gestandaardiseerde referentiespanning. Die referentiespanning wekt in een weerstand van 600 Ω een vermogen op van 1 mW. De grootte van die spanning kan gemakkelijk uit de wet van Ohm en de wet van Joule berekend worden:
$U_{ref} = I * R$ (wet van Ohm)
$P = U_{ref} * I$ (wet van Joule)
Uit deze laatste wet volgt:
$I = P/U_{ref}$
Voegt men deze stroomwaarde in de wet van Ohm in, dan ontstaat:

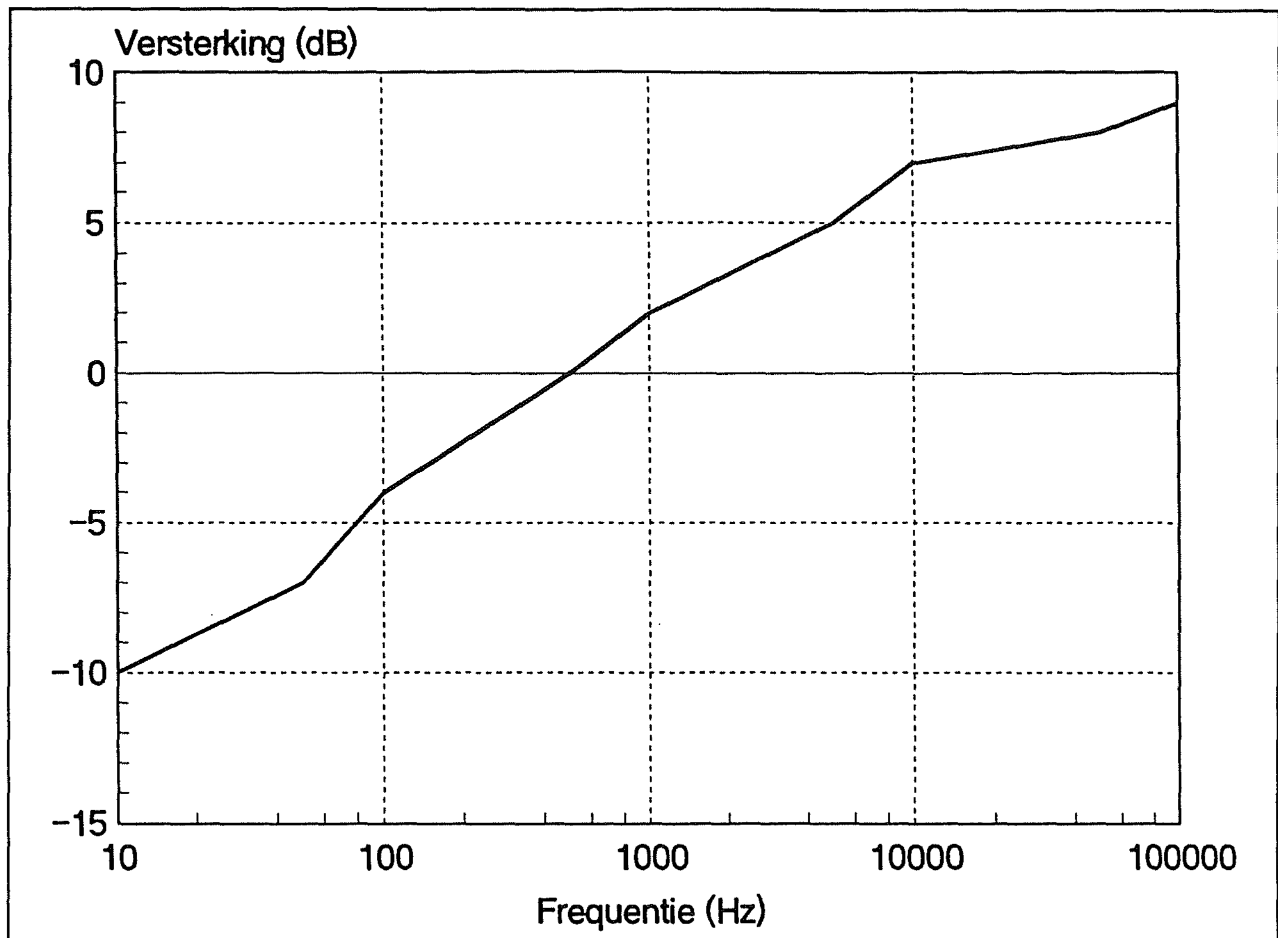
**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

$U_{ref} = (P * R) / U_{ref}$
of:
$U_{ref}^2 = P * R$
Vervangt men in deze formule P door 1 mW en R door 600 Ω, dan kan men de referentiespanning $U_{ref}$ berekenen als 0,7745 V. In de praktijk wordt dit afgerond op 0,775 V.
In de audio-techniek is het gebruikelijk alle signaalniveaus te refereren naar deze referentie.




**Figuur 3/8.1.9-6:** Grafieken, die een eigenschap van een audio-apparaat beschrijven in functie van de frequentie, kunnen niet op een ***lineair*** ingedeelde horizontale as worden uitgezet!

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**




**Figuur 3/8.1.9-7:** Als men dezelfde meetgegevens van figuur 3/8.1.9-6 uitzet in een grafiek met een ***logaritmisch*** ingedeelde horizontale as, zijn alle gegevens uitstekend te interpreteren.

**Bel**
Bij dat refereren werkt men meestal met de Bel als eenheid. De bel beschrijft de **logaritmische** verhouding tussen een bepaalde spanning in V en de beschreven referentiespanning van 0,775 V. De Bel is een te grote eenheid en vandaar werkt men in de praktijk met de deciBel, afgekort tot dB:
$A_{dB} = 20 * \log(U/U_{ref})$
Het werken met deze logaritmische verhouding heeft een aantal voordelen. Men kan op een eenvoudige manier grote versterkingen beheersen en de totale versterkingsfactor van een aantal in serie geschakelde trappen berekenen.

Een versterking van 1.000 komt overeen met 60 dB.
Als me twee audio-trappen achter elkaar schakelt die ieder 1.000 keer versterken, zou men de totale versterking kunnen berekenen door beide versterkingsfactoren te vermenigvuldigen:
$A_{totaal} = A_1 * A_2$
$A_{totaal} = 1.000 * 1.000 = 1.000.000$
Werkt men met dB, dat kan men de versterkingsfactoren bij elkaar optellen! Dus:
$A_{dB\text{-}totaal} = A_{dB\text{-}1} + A_{dB\text{-}2}$
$A_{dB\text{-}totaal} = 60$ dB + 60 dB = 120 dB
Het optellen van getallen werkt in de praktijk veel eenvoudiger dan het vermenigvuldigen ervan.

## 8.1 Grondbeginselen van de meettechniek

| Dämpfung (- dB) | dB-Wert | Verstärkung (+ dB) | Dämpfung (- dB) | dB-Wert | Verstärkung (+ dB) | Dämpfung (- dB) | dB-Wert | Verstärkung (+ dB) | Dämpfung (- dB) | dB-Wert | Verstärkung (+ dB) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,0000 | 0,0 | 1,000 | 0,7943 | 2,0 | 1,259 | 0,6310 | 4,0 | 1,585 | 0,5012 | 6,0 | 1,995 |
| 0,9886 | 0,1 | 1,012 | 0,7852 | 2,1 | 1,274 | 0,6237 | 4,1 | 1,603 | 0,4955 | 6,1 | 2,018 |
| 0,9772 | 0,2 | 1,023 | 0,7762 | 2,2 | 1,288 | 0,6166 | 4,2 | 1,622 | 0,4898 | 6,2 | 2,042 |
| 0,9661 | 0,3 | 1,035 | 0,7674 | 2,3 | 1,303 | 0,6095 | 4,3 | 1,641 | 0,4842 | 6,3 | 2,065 |
| 0,9550 | 0,4 | 1,047 | 0,7586 | 2,4 | 1,318 | 0,6026 | 4,4 | 1,660 | 0,4786 | 6,4 | 2,089 |
| 0,9441 | 0,5 | 1,059 | 0,7499 | 2,5 | 1,334 | 0,5957 | 4,5 | 1,679 | 0,4732 | 6,5 | 2,113 |
| 0,9333 | 0,6 | 1,072 | 0,7413 | 2,6 | 1,349 | 0,5888 | 4,6 | 1,698 | 0,4677 | 6,6 | 2,138 |
| 0,9226 | 0,7 | 1,084 | 0,7328 | 2,7 | 1,365 | 0,5821 | 4,7 | 1,718 | 0,4624 | 6,7 | 2,163 |
| 0,9120 | 0,8 | 1,096 | 0,7244 | 2,8 | 1,380 | 0,5754 | 4,8 | 1,738 | 0,4571 | 6,8 | 2,188 |
| 0,9016 | 0,9 | 1,109 | 0,7161 | 2,9 | 1,396 | 0,5689 | 4,9 | 1,758 | 0,4519 | 6,9 | 2,213 |
| 0,8913 | 1,0 | 1,122 | 0,7079 | 3,0 | 1,413 | 0,5623 | 5,0 | 1,778 | 0,4467 | 7,0 | 2,239 |
| 0,8810 | 1,1 | 1,135 | 0,6998 | 3,1 | 1,429 | 0,5559 | 5,1 | 1,799 | 0,4416 | 7,1 | 2,265 |
| 0,8710 | 1,2 | 1,148 | 0,6918 | 3,2 | 1,445 | 0,5495 | 5,2 | 1,820 | 0,4365 | 7,2 | 2,291 |
| 0,8610 | 1,3 | 1,161 | 0,6839 | 3,3 | 1,462 | 0,5433 | 5,3 | 1,841 | 0,4315 | 7,3 | 2,317 |
| 0,8511 | 1,4 | 1,175 | 0,6761 | 3,4 | 1,479 | 0,5370 | 5,4 | 1,862 | 0,4266 | 7,4 | 2,344 |
| 0,8414 | 1,5 | 1,189 | 0,6683 | 3,5 | 1,496 | 0,5309 | 5,5 | 1,884 | 0,4217 | 7,5 | 2,371 |
| 0,8318 | 1,6 | 1,202 | 0,6607 | 3,6 | 1,514 | 0,5248 | 5,6 | 1,905 | 0,4169 | 7,6 | 2,399 |
| 0,8222 | 1,7 | 1,216 | 0,6531 | 3,7 | 1,531 | 0,5188 | 5,7 | 1,928 | 0,4121 | 7,7 | 2,427 |
| 0,8128 | 1,8 | 1,230 | 0,6457 | 3,8 | 1,549 | 0,5129 | 5,8 | 1,950 | 0,4074 | 7,8 | 2,455 |
| 0,8035 | 1,9 | 1,245 | 0,6383 | 3,9 | 1,567 | 0,5070 | 5,9 | 1,972 | 0,4027 | 7,9 | 2,483 |
| 0,3981 | 8,0 | 2,512 | 0,2661 | 11,5 | 3,758 | 0,1778 | 15,0 | 5,623 | 0,1189 | 18,5 | 8,414 |
| 0,3936 | 8,1 | 2,541 | 0,2630 | 11,6 | 3,802 | 0,1758 | 15,1 | 5,689 | 0,1175 | 18,6 | 8,511 |
| 0,3890 | 8,2 | 2,570 | 0,2600 | 11,7 | 3,846 | 0,1738 | 15,2 | 5,754 | 0,1161 | 18,7 | 8,610 |
| 0,3846 | 8,3 | 2,600 | 0,2570 | 11,8 | 3,890 | 0,1718 | 15,3 | 5,821 | 0,1148 | 18,8 | 8,710 |
| 0,3802 | 8,4 | 2,630 | 0,2541 | 11,9 | 3,936 | 0,1698 | 15,4 | 5,888 | 0,1135 | 18,9 | 8,810 |
| 0,3758 | 8,5 | 2,661 | 0,2512 | 12,0 | 3,981 | 0,1679 | 15,5 | 5,957 | 0,1122 | 19,0 | 8,913 |
| 0,3715 | 8,6 | 2,692 | 0,2483 | 12,1 | 4,027 | 0,1660 | 15,6 | 6,026 | 0,1109 | 19,1 | 9,016 |
| 0,3673 | 8,7 | 2,723 | 0,2455 | 12,2 | 4,074 | 0,1641 | 15,7 | 6,095 | 0,1096 | 19,2 | 9,120 |
| 0,3631 | 8,8 | 2,754 | 0,2427 | 12,3 | 4,121 | 0,1622 | 15,8 | 6,166 | 0,1084 | 19,3 | 9,226 |
| 0,3589 | 8,9 | 2,786 | 0,2399 | 12,4 | 4,169 | 0,1603 | 15,9 | 6,237 | 0,1072 | 19,4 | 9,333 |
| 0,3548 | 9,0 | 2,818 | 0,2371 | 12,5 | 4,217 | 0,1585 | 16,0 | 6,310 | 0,1059 | 19,5 | 9,441 |
| 0,3508 | 9,1 | 2,851 | 0,2344 | 12,6 | 4,266 | 0,1567 | 16,1 | 6,383 | 0,1047 | 19,6 | 9,550 |
| 0,3467 | 9,2 | 2,884 | 0,2317 | 12,7 | 4,315 | 0,1549 | 16,2 | 6,457 | 0,1035 | 19,7 | 9,661 |
| 0,3428 | 9,3 | 2,917 | 0,2291 | 12,8 | 4,365 | 0,1531 | 16,3 | 6,531 | 0,1023 | 19,8 | 9,772 |
| 0,3388 | 9,4 | 2,951 | 0,2265 | 12,9 | 4,416 | 0,1514 | 16,4 | 6,607 | 0,1012 | 19,9 | 9,886 |
| | | | | | | | | | 0,1000 | 20,0 | 10,000 |
| 0,3350 | 9,5 | 2,985 | 0,2239 | 13,0 | 4,467 | 0,1496 | 16,5 | 6,683 | | | |
| 0,3311 | 9,6 | 3,020 | 0,2213 | 13,1 | 4,519 | 0,1479 | 16,6 | 6,761 | 0,08912 | 21 | 11,22 |
| 0,3273 | 9,7 | 3,055 | 0,2188 | 13,2 | 4,571 | 0,1462 | 16,7 | 6,839 | 0,07943 | 22 | 12,58 |
| 0,3236 | 9,8 | 3,090 | 0,2163 | 13,3 | 4,624 | 0,1445 | 16,8 | 6,918 | 0,07079 | 23 | 14,125 |

**Figuur 3/8.1.9-8:** Omzettingstabel van spanningsverhoudingen naar dB, deel 1.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

| Dämpfung (- dB) | dB-Wert | Verstärkung (+ dB) | Dämpfung (- dB) | dB-Wert | Verstärkung (+ dB) | Dämpfung (- dB) | dB-Wert | Verstärkung (+ dB) | Dämpfung (- dB) | dB-Wert | Verstärkung (+ dB) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,3199 | 9,9 | 3,126 | 0,2138 | 13,4 | 4,677 | 0,1429 | 16,9 | 6,998 | 0,06309 | 24 | 15,848 |
| | | | | | | | | | 0,05623 | 25 | 17,782 |
| 0,3162 | 10,0 | 3,162 | 0,2113 | 13,5 | 4,732 | 0,1413 | 17,0 | 7,079 | 0,05011 | 26 | 19,952 |
| 0,3126 | 10,1 | 3,199 | 0,2089 | 13,6 | 4,786 | 0,1396 | 17,1 | 7,161 | 0,04466 | 27 | 22,387 |
| 0,3090 | 10,2 | 3,236 | 0,2065 | 13,7 | 4,842 | 0,1380 | 17,2 | 7,244 | 0,03981 | 28 | 25,118 |
| 0,3055 | 10,3 | 3,273 | 0,2042 | 13,8 | 4,898 | 0,1365 | 17,3 | 7,328 | 0,03548 | 29 | 28,183 |
| 0,3020 | 10,4 | 3,311 | 0,2018 | 13,9 | 4,955 | 0,1349 | 17,4 | 7,413 | 0,03162 | 30 | 31,622 |
| | | | | | | | | | 0,028 | 31 | 35,5 |
| 0,2985 | 10,5 | 3,350 | 0,1995 | 14,0 | 5,012 | 0,1334 | 17,5 | 7,499 | 0,025 | 32 | 39,8 |
| 0,2951 | 10,6 | 3,388 | 0,1972 | 14,1 | 5,070 | 0,1318 | 17,6 | 7,586 | 0,022 | 33 | 45 |
| 0,2917 | 10,7 | 3,428 | 0,1950 | 14,2 | 5,129 | 0,1303 | 17,7 | 7,674 | 0,020 | 34 | 50 |
| 0,2884 | 10,8 | 3,467 | 0,1928 | 14,3 | 5,188 | 0,1288 | 17,8 | 7,762 | 0,018 | 35 | 56 |
| 0,2851 | 10,9 | 3,508 | 0,1905 | 14,4 | 5,248 | 0,1274 | 17,9 | 7,852 | 0,016 | 36 | 63 |
| | | | | | | | | | 0,014 | 37 | 71 |
| 0,2818 | 11,0 | 3,548 | 0,1884 | 14,5 | 5,309 | 0,1259 | 18,0 | 7,943 | 0,012 | 38 | 80 |
| 0,2786 | 11,1 | 3,589 | 0,1862 | 14,6 | 5,370 | 0,1245 | 18,1 | 8,035 | 0,011 | 39 | 89 |
| 0,2754 | 11,2 | 3,631 | 0,1841 | 14,7 | 5,433 | 0,1230 | 18,2 | 8,128 | 0,01 | 40 | 100 |
| 0,2723 | 11,3 | 3,673 | 0,1820 | 14,8 | 5,495 | 0,1216 | 18,3 | 8,222 | 0,005 | 45 | 178 |
| 0,2692 | 11,4 | 3,715 | 0,1799 | 14,9 | 5,559 | 0,1202 | 18,4 | 8,318 | 0,003 | 50 | 316 |
| | | | | | | | | | 0,002 | 55 | 560 |
| | | | | | | | | | $10^{-3}$ | 60 | $10^{3}$ |
| | | | | | | | | | $10^{-4}$ | 80 | $10^{4}$ |
| | | | | | | | | | $10^{-5}$ | 100 | $10^{5}$ |

**Figuur 3/8.1.9-9:** Omzettingstabel van spanningsverhoudingen naar dB, deel 2.

Een nadeel van het werken met dB's is dat men lineaire verhoudingen tussen twee spanningen eerst moet omrekenen naar logaritmische verhoudingen. Gelukkig bestaan hiervoor tabellen, zie figuur 3/8.1.9-8 en -9. In de linker kolom zijn lineaire ***verzwakkings***-verhoudingen weergegeven, in de rechter lineaire ***versterkings***-verhoudingen. De middelste kolom geeft de corresponderende dB-waarde. Een verzwakking komt overeen met een negatieve dB-waarde, een versterking met een positieve.

Het werken met deze tabellen gaat als volgt. Stel dat men de versterking van een audio-trap wil meten. Men legt aan de ingang een sinusspanning $U_{IN}$ met een frequentie van 1 kHz en een spanning van 100 mV. Men meet de spanning aan de uitgang $U_{UIT}$ en stelt vast dat deze 480 mV bedraagt. De lineaire versterking is dan gelijk aan:

$A_{lineair} = U_{UIT}/U_{IN}$

$A_{lineair} = 480 \text{ mV}/100 \text{ mV} = 4{,}8$

In de tabel zoekt men nu de versterking op, die het dichtst in de buurt van 4,8 komt. Dat is de waarde 4,786.

Men kan dan in de dB-kolom aflezen dat deze versterking overeen komt met +13,6 dB.

**dB's en meetapparatuur**

Uit de tabellen van de figuren 3/8.1.9-8 en -9 kan men aflezen dat:

- 0 dB overeen komt met een versterking van 1,000;
- 10 dB overeen komt met een versterking van 3,162;
- 20 dB overeen komt met een versterking van 10,00.

Dat zijn zeer belangrijke gegevens, omdat zij bepalen hoe bijvoorbeeld een analoge millivoltmeter dB-waarden kan verwerken.

Deze meters hebben een bereikenschakelaar die een 1/3/10/30/etc. verhouding heeft. De meetbereiken zijn dus 10 mV, 30 mV, 100 mV, 300 mV, 1 V, etc. Deze bereiken zijn niet willekeurig gekozen. De verhouding 3/1 (3) ligt erg dicht bij de 10 dB (3,162). Vandaar dat het omschakelen van de bereikenschakelaar over een komt met een verhoging of een verlaging van de meetwaarde in dB met een factor 10. Verder zal het duidelijk zijn dat het 0 dB punt op de schaal overeen komt met een spanning van 0,775 V. Dat is immers de referentiespanning en meet men een spanning met precies die waarde, dan komt dit overeen met een versterking ten opzichte van de referentie van precies 1,000 oftewel 0 dB.

dB's meten met een analoge millivoltmeter is dus erg eenvoudig. Het meetbereik van 1 V bevat het 0 dB punt bij 0,775 V. Omschakelen van het meetbereik komt overeen met het optellen of aftrekken van 10 dB. Samengevat:

- 1 mV: 0 dB punt is -60 dB;
- 3 mV: 0 dB punt is -50 dB:
- 10 mV: 0 dB punt is -40 dB;
- 30 mV: 0 dB punt is -30 dB;
- 100 mV: 0 dB punt is -20 dB;
- 300 mV: 0 dB punt is -10 dB;
- 1 V: 0 dB punt is 0 dB;
- 3 V: 0 dB punt is +10 dB;
- 10 V: 0 dB punt is +20 dB;
- 30 V: 0 dB punt is +30 dB;
- 100 V: 0 dB punt is +40 dB;
- 300 V: 0 dB punt is +50 dB.

Staat de bereikenschakelaar in de stand "10 V" en meet men een spanning die op de dB-schaal op "-4 dB" staat, dan is de dB-waarde van de gemeten spanning gelijk aan +16 dB. 0 dB in de stand "10 V" komt immers overeen met +20 dB, zodat de schaalwaarde "-4 dB" overeen komt met 20 dB - 4 dB = 16 dB.

# Spanningsniveaus

### Inleiding

Het meten van spanningsniveaus is audioapparatuur is in feite al volledig beschreven in het kopje "Eerst wat theorie". Bij het meten van versterkingen van trappen werkt men steeds met een signaal met een frequentie van 1 kHz. Deze frequentie ligt op de logaritmische as midden in het bereik 10 Hz tot 100 kHz en wordt in de audio-techniek algemeen als referentiefrequentie gebruikt.

Men meet eerst, zie figuur 3/8.1.9-10, de ingangsspanning $U_1$ en nadien de uitgangsspanning $U_2$. Als men meet met een analoge meter met dB-schaal berekent men op de beschreven manier de dB-waarden van deze spanningen. De versterking van de trap is gelijk aan het verschil tussen beide dB-waarden:

$A_{dB} = U_{2\text{-}dB} - U_{1\text{-}dB}$

Stel dat de ingangsspanning gelijk is aan -26 dB en de uitgangsspanning gelijk aan -12 dB, dan is de versterking van de trap gelijk aan 14 dB, ofwel ongeveer 5 maal (zie de tabellen).

### Metingen met de oscilloscoop

Voor het bepalen van signaalniveaus kan ook de oscilloscoop worden gebruikt. Van

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

het scherm van de scoop kan men de top-tot-top waarde van de sinusspanning aflezen. Daar heeft men echter niets aan, omdat in de praktijk gewerkt wordt met de effectieve waarde. Er bestaat echter een simpele (afgeronde) formule om top-tot-top waarden om te rekenen naar effectieve waarden:

$U_{effectief} = U_{top\text{-}tot\text{-}top}/3$

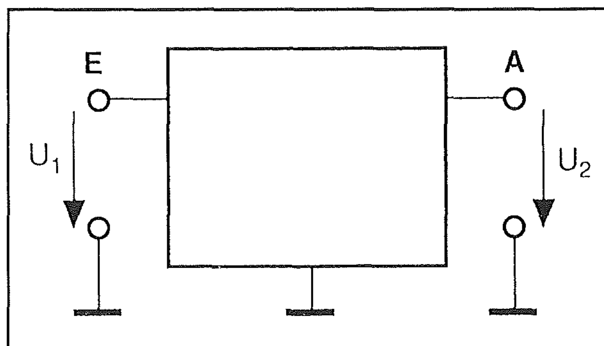
Meet men dus met de scoop een top-tot-top waarde van 415 mV, dan is de effectieve waarde van dit signaal gelijk aan 138 mV. Refereert men deze spanning naar de referentie van 0,775 V, dan komt dit overeen met een verhouding van 138/775 = 0,178. Uit de tabellen kan men dan aflezen dat de dB-waarde van deze spanning gelijk is aan -14,9 dB.

**In serie geschakelde trappen**

Audio-schakelingen bestaan meestal uit verschillende in cascade geschakelde trappen, zoals:

- voorversterker;
- impedantie-aanpasser;
- toonregeling;
- driver;
- uitgangstrap.

Iedere trap heeft een eigen versterkingsfactor, zodat het systeem blokschematisch kan voorgesteld worden zoals getekend in figuur 3/8.1.9-11.




**Figuur 3/8.1.9-10:** Het berekenen van de versterking van een trap.

Heeft men op de beschreven manier de versterking van ieder blok gemeten, dan kan men de totale versterking berekenen door de deelversterkingen bij elkaar op te tellen. Dus:

$A_{totaal\ (dB)} = -3\ dB + 6\ dB + 40\ dB - 6\ dB$

$A_{totaal\ (dB)} = +37\ dB$

**Het meten van zeer kleine signaalspanningen**

Bij het meten van signalen dienen een paar zaken in de gaten te worden gehouden.

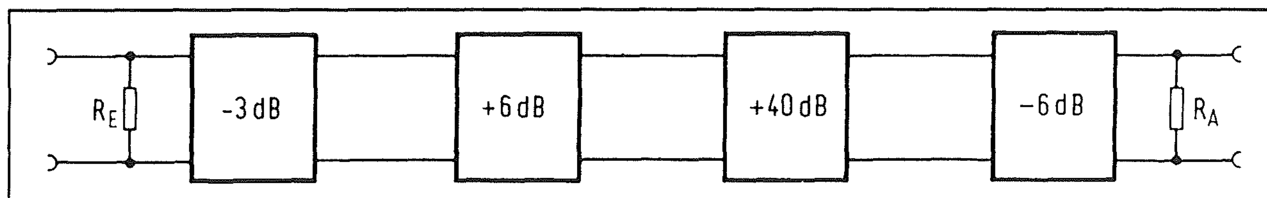
Vaak treft men in audio-apparatuur signaalspanningen aan die slechts een paar mV groot zijn. Bij het meten van dergelijke kleine spanningen moet men er voor zorgen dat de spanning niet verontreinigd wordt door externe stoorsignalen. Het zal duidelijk zijn dat van betrouwbare metingen niets terecht komt als men een signaalspanning van 1 mV meet als 2,3 mV!

Heel vaak ontstaan de problemen door zogenoemde “aardlussen” door het samenschakelen van twee geaarde apparaten. In figuur 3/8.1.9-12 is te zien hoe door een aardlus een stoorspanning ontstaat.

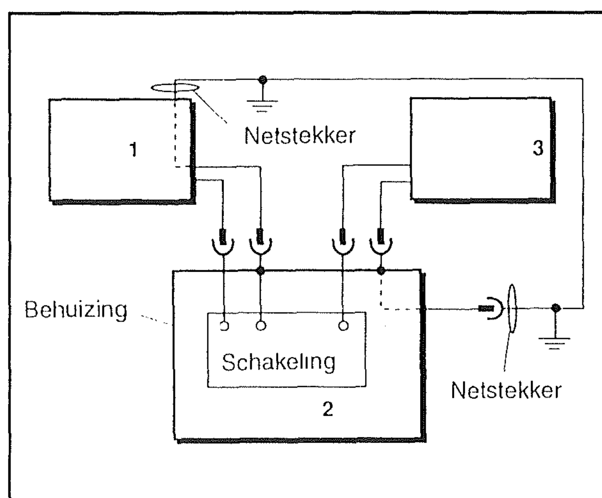
Apparaat 1 en apparaat 2 liggen beide via een geaarde steker aan de netspanning. De aarding is echter meestal intern verbonden met het metalen chassis en dus met de massa. Alle massa’s liggen aan elkaar, zodat er een gesloten lus ontstaat via de aarding en de massa’s. In deze lus kunnen aardingsstromen gaan lopen, die in de meetkabels kleine signalen kunnen genereren.

Dergelijke signalen zijn van geen belang als men signaalspanningen van meerdere 100 mV meet, maar kunnen de meting verstoren als men in het mV-bereik moet meten.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**




**Figuur 3/8.1.9-11:** Een audio-systeem kan voorgesteld worden door een aantal in cascade geschakelde blokken met ieder een bepaalde versterking of verzwakking.




**Figuur 3/8.1.9-12:** Het ontstaan van een aardlus.

Zodra een apparaat (bijvoorbeeld het meetinstrument) van de aardaansluiting wordt losgekoppeld, is de lus open en bovendien worden er dan ook geen twee potentiaalpunten meer van afgetakt. Daardoor is de aardlus opgeheven. De meest ideale situatie is als apparaat 1 of apparaat 2 batterijgevoed is. Natuurlijk zijn er ook nog andere methoden om aardlussen te voorkomen. Zo kan er bijvoorbeeld een trafo of een potentiaalscheider (isolatieversterker) worden gebruikt. Dat levert echter vermoedelijk weer andere storingen op zoals ruis, vervormingen, etc. Ook een symmetrische meetingang op een millivoltmeter kan een aardlus voorkomen als het apparaat zélf niet geaard is. In dat geval wordt ook brominstraling voorkomen, wat anders alleen bij een heel goede afscherming mogelijk is.

Naast bromstoringen kunnen ook sterke radiozenders voor instraling zorgen. Discreet opgebouwde meetapparaten hebben vaak het probleem dat ze door de meetsnoeren opgenomen radiogolven demoduleren en daardoor meetbaar maken. Dat werkt natuurlijk als een extra laagfrequente stoorspanning, die in het originele signaal van het te testen apparaat echter niet aanwezig is. Dit probleem hebben meetversterkers met operationele versterkers normaal niet, omdat ze door de symmetrische werkwijze van hun interne schakeling nauwelijks demodulatie-eigenschappen vertonen. Als hiermee een ook naar buiten toe symmetrisch werkende meetversterker wordt gebouwd, dan draagt ook deze maatregel er nog toe bij om de kans op dergelijke storingen verder te verkleinen. Bij goede meetapparaten zijn stoorafstanden van 80 dB en meer niets bijzonders. Bij een signaalspanning van 1 V valt derhalve een stoorsignaal van 0,1 mV te meten.

# Frequentie-karakteristieken

**Inleiding**

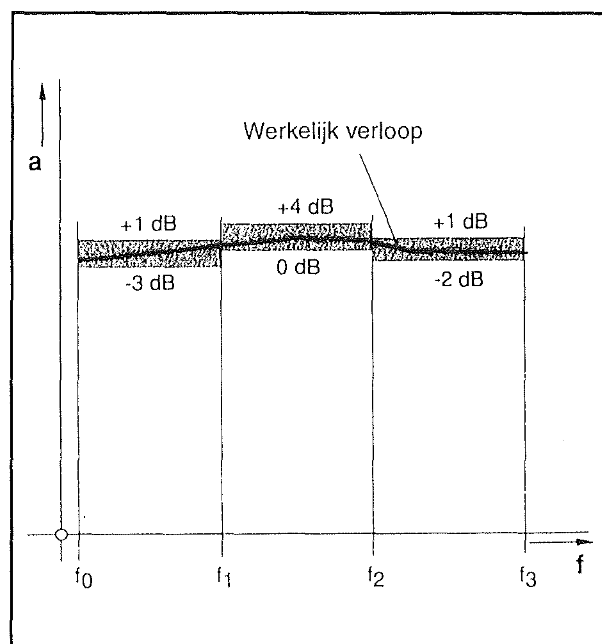
Audio-apparatuur moet, voor een zo gering mogelijke vervalsing van het originele signaal, aan bepaalde specificaties voor de frequentie-karakteristiek voldoen. In

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

principe moeten alle hoorbare frequenties even veel versterkt worden, zodat de onderlinge afwijking in versterking 0 dB moet bedragen. Vaak wordt bij de technische specificaties van een apparaat alleen maar een frequentiebereik aangegeven, bijvoorbeeld 40 Hz tot 15.000 Hz, zonder specificatie van de versterkings-afwijking over de volledige frequentieband. Met een dergelijk gegeven valt natuurlijk weinig te beginnen, het is nauwelijks te weerleggen of te controleren.

**Definitie**
Specificaties voor de frequentie-karakteristiek moeten absoluut controleerbaar dan wel reproduceerbaar zijn. Zie hiervoor figuur 3/8.1.9-13, waar een voorbeeld van een frequentie-karakteristiek en de bijbehorende tolerantie-zônes te zien is. Het komt maar heel zelden voor dat de frequentie-karakteristiek grafisch wordt weergegeven. Er worden meestal frequentiebereiken aangegeven, waarbinnen een niveau van de normale waarde 0 dB met een maximale waarde mag afwijken. In het eenvoudigste geval wordt er maar één frequentiebereik opgegeven, met de daarvoor geldende toelaatbare tolerantie, dus bijvoorbeeld 40 Hz tot 15.000 Hz +/-3 dB. Voor kritische toepassingen is het echter gebruikelijk dat er gedetailleerdere specificaties worden opgegeven, dat wil zeggen, er worden verschillende frequentiebereiken met elk een hoogste en een laagste tolerantiegrens gedefinieerd.

**Referentie**
Als er geen absoluut niveau is opgegeven, zal bij een apparaat waarvan de frequentie-karakteristiek moet worden gecontroleerd het uitgangsniveau voor een frequentie van 1.000 Hz als 0 dB worden gedefinieerd. Aan dit willekeurig vastgestelde nulpunt worden dan alle niveaus onder en boven deze frequentie gerelateerd.




**Figuur 3/8.1.9-13:** De frequentie-karakteristiek met de tolerantie-zônes.

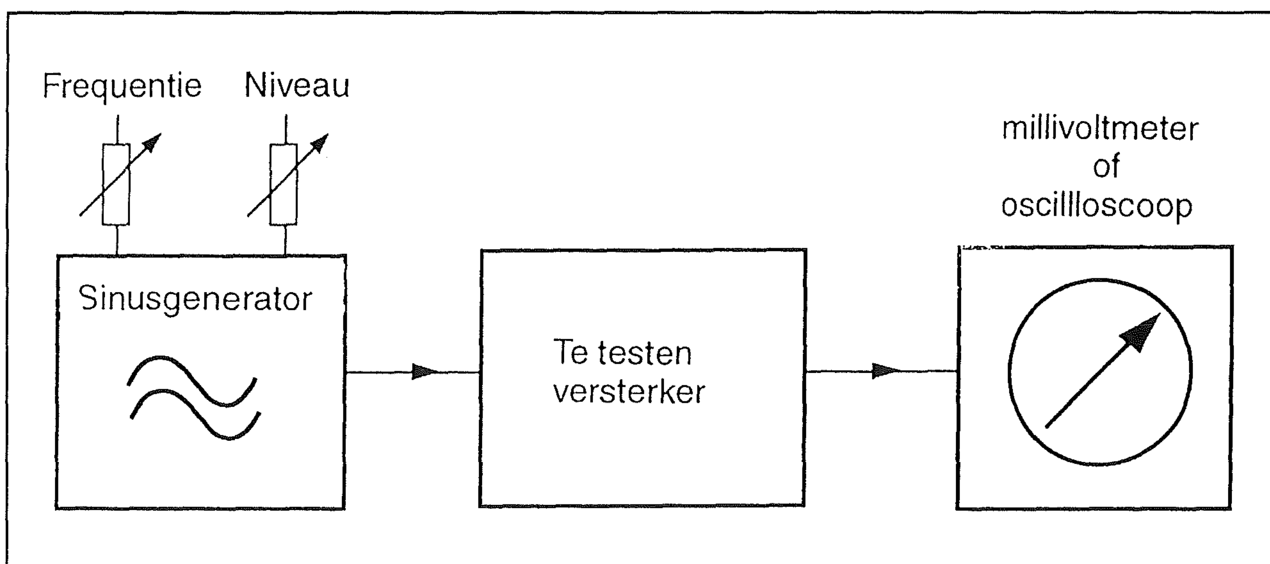
**Meetprincipe**
Voor het meten van een frequentie-karakteristiek zijn bij de conventionele methode een millivoltmeter en een regelbare sinusgenerator nodig, dan wel bij afspelende apparaten een testmedium, zoals een test-cassette, een test-CD of iets dergelijks. Een dergelijk testmedium dient geschikte opnamen te bevatten om de frequentie-karakteristiek te kunnen controleren, dat wil zeggen, signalen van verschillende frequenties of een signaal met een frequentie die over het hele bereik varieert (sweep-signaal).
In figuur 3/8.1.9-14 is de meetsituatie geschetst zoals die zich bij een te testen apparaat met een in- en uitgang voordoet, bijvoorbeeld een versterker. Bij een cas-

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

sette-deck of CD-speler wordt de plaats van de testgenerator ingenomen door een testmedium, dat dan door het te testen apparaat wordt weergegeven.
In de meeste gevallen zal men de "rechte" frequentie-karakteristiek van een systeem willen opmeten. Dat is de karakteristiek met alle frequentie-bepalende potentiometers (toonregeling!) in de neutrale stand gezet.
Een normale meetprocedure bestaat uit de onderstaande stappen.

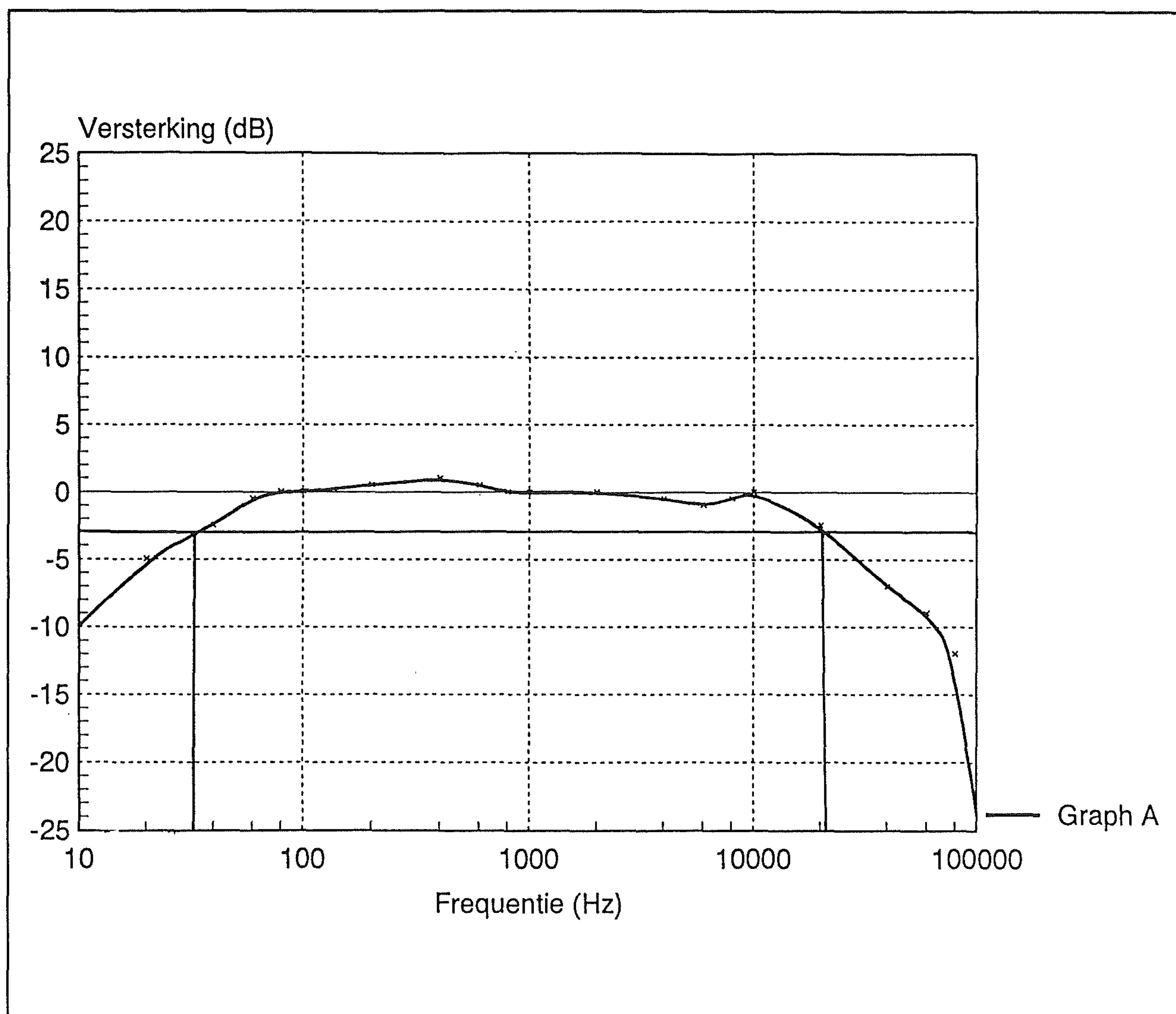
- Met zet de sinusgenerator op 1 kHz en voert de amplitude van dit signaal op tot het uitgangsniveau van de te testen schakeling 0 dB is. Met noteert de amplitude van het ingangssignaal.
- Vervolgens copieert men de +25/-25 logaritmische grafiek, bijgevoegd aan dit hoofdstuk.
- Men kiest een aantal meetfrequenties, bijvoorbeeld 10 Hz, 20 Hz, 40 Hz, 60 Hz en 80 Hz. Men stelt de sinusgenerator op deze frequenties in, zorgt dat het apparaat steeds dezelfde amplitude levert als bij 1 kHz en meet telkens het uitgangsniveau in dB.
- Men zet puntjes in de grafiek bij de gemeten waarden.
- Nadien meet men de volgende decade, dus 100 Hz, 200 Hz, 400 Hz, 600 Hz en 800 Hz.
- Zo gaat men verder tot men het gewenste frequentiebereik volledig gemeten heeft.
- In de grafiek staan nu 21 meetpuntjes, die men met een mooie, vloeiende lijn moet verbinden.

Het resultaat, getekend in figuur 3/8.1.9-15, is de frequentie-karakteristiek van het gemeten apparaat.
Kleine afwijkingen in de vloeiende lijn worden veroorzaakt door onvermijdelijke meetfouten: de amplitude van de sinusgenerator is bij één meting iets te hoog ingesteld, in plaats van -3,7 dB werd -4 dB afgelezen, etc. Vandaar dat meestal de lijn niet door alle meetpunten heen wordt getrokken, maar tussen de meetpunten waardoor deze meetfouten worden geëlimineerd.




**Figuur 3/8.1.9-14:** De meetopstelling voor het opnemen van een frequentie-karakteristiek.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**




**Figuur 3/8.1.9-15:** Een voorbeeld van een opgemeten frequentie-karakteristiek, met daarin getekend de bandbreedte van het systeem.

### Bandbreedte

Aan de hand van de frequentie-karakteristiek van een audio-systeem kan men de ***bandbreedte*** definiëren. De bandbreedte is het frequentiegebied, waarbij de versterking minder dan -3 dB afwijkt ten opzichte van de versterking bij 1 kHz. In het behandelde voorbeeld is het -3 dB punt onder de vorm van een volle horizontale lijn ingetekend. De bandbreedte van het geteste systeem loopt dus van ongeveer 28 Hz tot en met ongeveer 21 kHz.

### Gestandaardiseerde testfrequenties

Er werd gesteld dat men kan meten met frequenties van 10 Hz, 20 Hz, 40 Hz, 60 Hz, 80 Hz, 100 Hz, etc. Deze frequenties sluiten het best aan op de frequenties die op de horizontale as van onze grafieken zijn ingevuld. Officieel worden echter andere testfrequenties voorgeschreven, namelijk:

- 31,5 Hz;
- 40 Hz;
- 63 Hz;

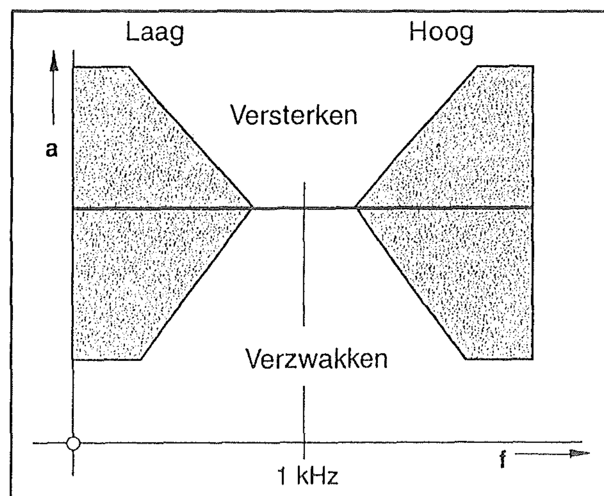
- 250 Hz;
- 500 Hz;
- 1 kHz;
- 2 kHz;
- 4 kHz;
- 6,3 kHz;
- 8 kHz;
- 10 kHz;
- 12,5 kHz;
- 14 kHz;
- 16 kHz;
- 18 kHz.

De meeste referentiemedia, zoals testcassettes en test-CD's bevatten dan ook referentie-signalen met deze frequenties.

### Meten aan toonregelingen

Na de "rechte" frequentie-karakteristiek zal men het regelbereik van de toonregeling willen opmeten. In principe gaat dit op dezelfde manier, maar men moet er wel op letten dat de grote versterkingen die dan kunnen optreden de schakeling niet mogen oversturen. Stel dat men de karakteristiek wil opnemen met de lage en hoge tonen potentiometers maximaal open gedraaid. Men begint dan weer bij 1 kHz en draait de sinusgenerator open tot de uitgangsspanning 0 dB bedraagt. Alvorens echter de meetprocedure te beginnen moet men controleren of het hiervoor noodzakelijke ingangsniveau de versterker niet overstuurt bij de laagste en hoogste frequenties. Hiervoor is een oscilloscoop, geschakeld op de uitgang, noodzakelijk. Men verlaagt langzaam de frequentie en controleert of het uitgangssignaal van de versterker een onvervormde sinus blijft. Gaan de toppen van de sinus afplatten dan wordt de schakeling overstuurd en moet men met een kleiner signaal meten. Nadien voert men de frequentie op tot 20 kHz en voert dezelfde controle uit.

Men zal in de meeste gevallen twee grafieken samenstellen, een met de toonregelaars maximaal open gedraaid en een met de potentiometers maximaal dicht gedraaid. De algemene gestyleerde vorm van deze frequentie-karakteristieken is getekend in figuur 3/8.1.9-16.




**Figuur 3/8.1.9-16:** De frequentie-karakteristieken bij maximaal open en maximaal dicht gedraaide toonpotentiometers.

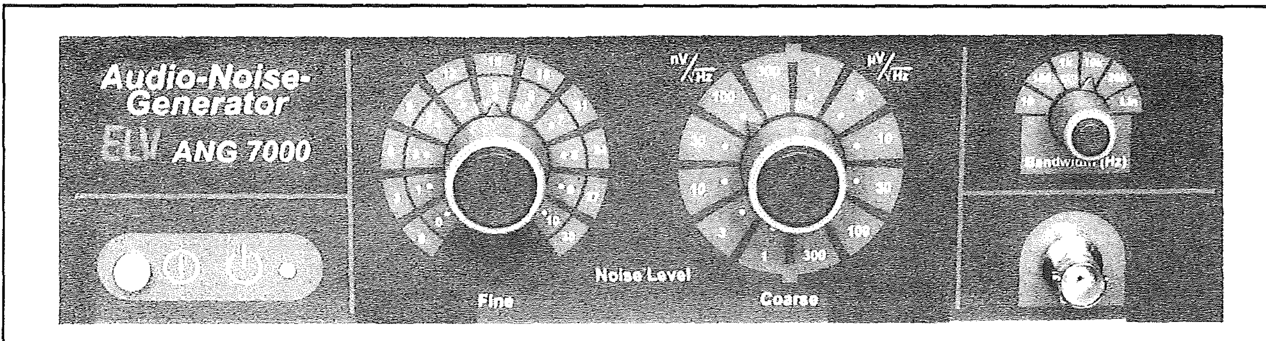
### Meten met ruisgenerator en spectrum-analyser

Een andere prettige methode voor het bepalen van een frequentie-karakteristiek is gebruik te maken van een ruissignaal en een spectrum-analyser. Een ruisgenerator stuurt een testsignaal (zogenoemde rose ruis) naar het te controleren apparaat, waarin alle frequenties tussen 10 Hz en 100 kHz in de loop der tijd even vaak voorkomen. Het signaal dat vervolgens het apparaat verlaat, gaat naar de spectrum-analyser, die het ruissignaal allereerst naar vele selectieve filters stuurt. De effectieve waarden van de filteruitgangsspanningen worden berekend, gelijkgericht, omgezet in dB-waarden en gaan

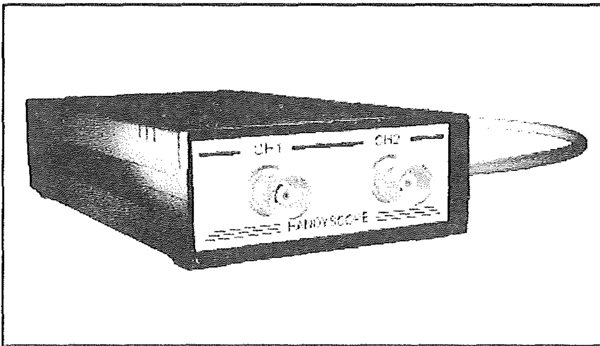
naar de ingangen van een analoge dataselector. Deze zet de gelijkgerichte spanningen keurig naast elkaar op het scherm van een oscilloscoop. Het voordeel van deze meetmethode is dat zij in real-time werkt. Na maximaal twee seconde heeft men de frequentie-karakteristiek op het scherm van de scoop staan! Nadeel is dat een spectrum-analyser een voor een hobbyist absoluut onbetaalbaar apparaat is.

**Software als oplossing**
Gelukkig bestaat er een principe, waarmee men alles dat er in een spectrum-analyser gebeurt, softwarematig kan nabootsen. Dat principe heet "FFT", afkorting van "Fast Fourier Transformation". FFT-algoritmen kunnen een gedigitaliseerd ruissignaal ontleden in smalle frequentiebanden. Hier gebeurt dus hetzelfde als in de filterbank van de spectrum-analyser! Nadien kan de inhoud van iedere frequentieband berekend worden en omgezet in een dB-waarde. Softwarematig is het natuurlijk ook mogelijk alle signalen te refereren naar een 0 dB referentie bij 1 kHz. Dergelijke systemen zitten in de software van ieder moderne meetkaart, maar ook die zijn bedoeld voor de professionele markt en zeer duur.

**Een hobby-oplossing**
Tegenwoordig wordt echter een aantal goedkope "digitale oscilloscopen" aangeboden in kleine kastjes die op de parallelle poort van de PC kunnen worden aangesloten en waarbij de meegeleverde software in de meeste gevallen ook FFT-analyse toelaat. Rose ruis generatoren zijn ook vrij goedkoop, zodat dergelijke toepassingen nu toch binnen de financiële mogelijkheden van de doe-het-zelver komen. Als voorbeeld wordt een systeem besproken dat voor ongeveer ƒ 1.250,00 snelle frequentie-analyses aan audio-apparaten toelaat.
In figuur 3/8.1.9-17 wordt een eenvoudige ruisgenerator voorgesteld, die als ƒ 220,00 kostend bouwpakket wordt aangeboden door de Duitse firma ELV. De bandbreedte van de rose ruis is instelbaar op 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz en 20 kHz. De "uitgangsamplitude" is heel nauwkeurig in te stellen tot een maximale vermogensinhoud van 300 $\mu V/Hz^{-1}$. Bij ruissignalen is het natuurlijk onmogelijk om van een echte amplitude te spreken, vanwege het statistische verloop van de spanning. Men voert dan een nieuwe grootheid in, die wordt uitgedrukt in $V/Hz^{-1}$ (spanning gedeeld door de vierkantswortel uit de frequentie). Het zou in het kader van dit hoofdstuk te ver gaan om de betekenis van deze grootheid toe te lichten. Naast de generator heeft men natuurlijk een "digitale scoop" nodig met FFT-analyse. Heel bruikbaar hiervoor is de "Handyscope 2" van Tiepie Engineering. Dit ongeveer ƒ 1.000,00 kostend kastje (zie figuur 3/8.1.9-18) wordt aangesloten op de parallelle poort en de Windows-software biedt de mogelijkheid om het op de scoop aangesloten signaal door middel van FFT-analyse te ontleden. In figuur 3/8.1.9-19 is een voorbeeld gegeven van het "scherm" van deze spectrum-analyser. In dit geval wordt een sinus van 3 kHz geanalyseerd, vandaar dat er maar één signaalpiek op het scherm staat. Dit wordt natuurlijk anders als men een ruissignaal aan de ingang zou aanleggen. Het enige nadeel van de software is dat de horizontale frequentie-as alleen lineair in te stellen is. De bandbreedte van deze spectrum-analyser bedraagt 36 kHz, de vertikale as kan zowel lineair als in dB geijkt worden. De nauwkeurigheid van de metingen bedraagt gemiddeld 5 %.




Figuur 3/8.1.9-17: De rose ruis generator ANG7000 van ELV.




Figuur 3/8.1.9-18: De "Handyscope 2" biedt de mogelijkheid om op het ingangssignaal een FFT-analyse toe te passen.

**Meten met behulp van een PC-kaart**

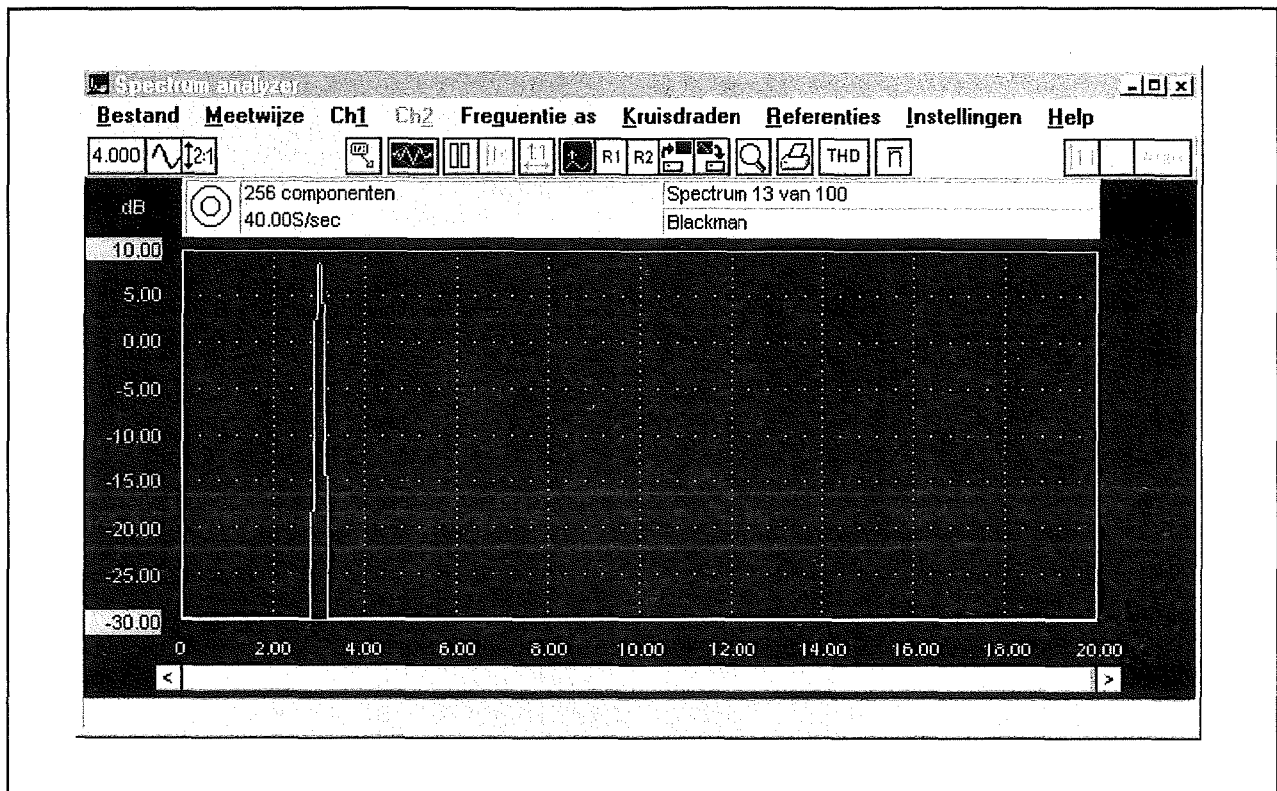
Ook bij een andere moderne meetmethode is een rol voor de PC weggelegd. In het eenvoudigste geval moet men een speciale PC-kaart kopen, waarop een meettoongenerator trapsgewijs of continu het te meten frequentiebereik doorloopt, terwijl het signaal dat het te testen apparaat verlaat door een ADC wordt opgezet in digitale meetwaarden. De frequentiekarakteristiek kan daarna als bestand of als afbeelding worden opgeslagen of eventueel op papier worden afgedrukt. Wie vaak frequentie-karakteristieken moet opnemen zou kunnen overwegen een dergelijke PC-kaart met de bijbehorende software aan te schaffen. Door de Duitse firma ELV wordt een betaalbare oplossing aangeboden. De "PC-NF-Pegelschreiber" bestaat uit een 16 bit ISA-kaart die sinussen genereert met frequenties tussen 10 Hz en 100 kHz. De effectieve uitgangsspanning is softwarematig instelbaar tussen 0 V en 1,25 V. De kaart levert het signaal aan het te testen systeem, de uitgangsspanning van dit systeem gaat naar de enige ingang van de kaart. De ingangsversterker van dit systeem kan ingangsspanningen verwerken tot 12,5 V. Deze kaart kost als bouwpakket slechts ongeveer *f* 160,00, de software op diskette ongeveer *f* 60,00.

Zoals uit figuur 3/8.1.9-20 blijkt, zet de software een mooie frequentiekarakteristiek op het scherm van de monitor, die rechtstreeks vanuit het programma af te drukken is op een printer. Kortom, voor ongeveer *f* 200,00 heeft men een prachtig, semi-professioneel systeem in huis waarmee men snel prachtige frequentie-karakteristieken kan opmeten en afdrukken!

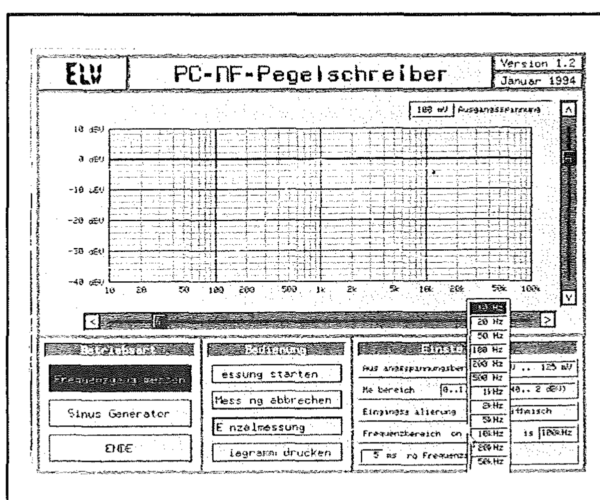
**Maximum Lenght Sequence**

Betrekkelijk nieuw is het zogenaamde MLS-procédé (Maximum Length Sequence), dat echter zo complex is dat het in dit bestek slechts kort kan worden aangestipt. Een speciale generator geeft hierbij een korte geluidsimpuls af, die bijvoorbeeld door een te testen luidsprekersysteem wordt weergegeven.

## 8.1 Grondbeginselen van de meettechniek




**Figuur 3/8.1.9-19:** Het "scherm" van de softwarematig gegenereerde spectrum analyser van de "Handyscope 2".




**Figuur 3/8.1.9-20:** Het werkvenster van de software die bij de "PC-NF-Pegelschreiber" wordt geleverd.

De meetmicrofoon mag vrij ver van de luidspreker verwijderd zijn. De signalen ervan komen bij het meetsysteem terecht en worden daar via een DSP (Digital Signal Processor) verder verwerkt.
Het signaal dat als eerste binnenkomt en dat dus het directe signaal zonder wandreflecties moet zijn, wordt in de DSP bewerkt. Het resultaat van deze operatie komt overeen met de antwoordpuls, die in het verdere verloop van het meetproces met behulp van software wordt geanalyseerd.
Door FFT (Fast Fourier Transformation) wordt de frequentie-karakteristiek berekend en op de monitor weergegeven.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

# Signaal/storing-verhoudingen

**Basisprincipes**

Ruis en brom zijn de voornaamste storende signalen die in audio-apparatuur kunnen optreden. In het algemeen wordt bij het meten van storende geluiden dan ook van de stoorafstand gesproken. Deze benaming geeft echter nog geen heldere definitie van de signalen die allemaal als stoorsignalen worden beschouwd. Bij dergelijke metingen gaat het om niveauvergelijkingen en niveauverschillen, en wel tussen het totale uitgangssignaal bij volledige uitsturing met een nuttig signaal aan de ingang (gedefinieerd als 0 dB) en het stoorsignaal dat nog steeds aanwezig is op de uitgang als het nuttig ingangssignaal ontbreekt. Als de spanning bij volledige uitsturing $U_{uit}$ is en de stoorspanning $U_{stoor}$ dan geldt voor de stoorafstand:

$a = 20 * \log(U_{uit}/U_{stoor})$

Bij de meting moet het door het menselijke gehoor waarneembare storingsniveau worden meegenomen, dat wil zeggen, via een filter zo worden aangepast dat de meting van dit niveau meer aan de menselijke volumewaarneming is aangepast. Bij de meting van de zuivere signaal/ruis-verhouding daarentegen wordt geen beoordeling toegepast, dat wil zeggen, alle stoorspanningen over het hele frequentiebereik komen in dezelfde mate in de meting terecht. Daarmee tellen vooral rimpel- en bromspanningen en hogerfrequente ruis meer mee dan bij de stoorafstand. Deze omstandigheden zorgen ervoor dat de stoorafstand met een hogere waarde in principe gunstiger uitvalt dan de signaal/ruis-verhouding. De eerste komt vanwege het gebruik van het gehoorkromme-filter ook meer overeen met de waarneming van het stoorsignaal. Er zijn in principe een aantal verschillende beoordelingscurven, waarvan het verloop zich richt naar het volume van het stoorsignaal. Gewoonlijk wordt de beoordeling A gebruikt (zie verder), die geschikt is voor een storingsvolume tot 30 foon. De andere beoordelingscurven in de karakteristiek van B tot D gaan met stappen van telkens 30 foon tot 120 foon.

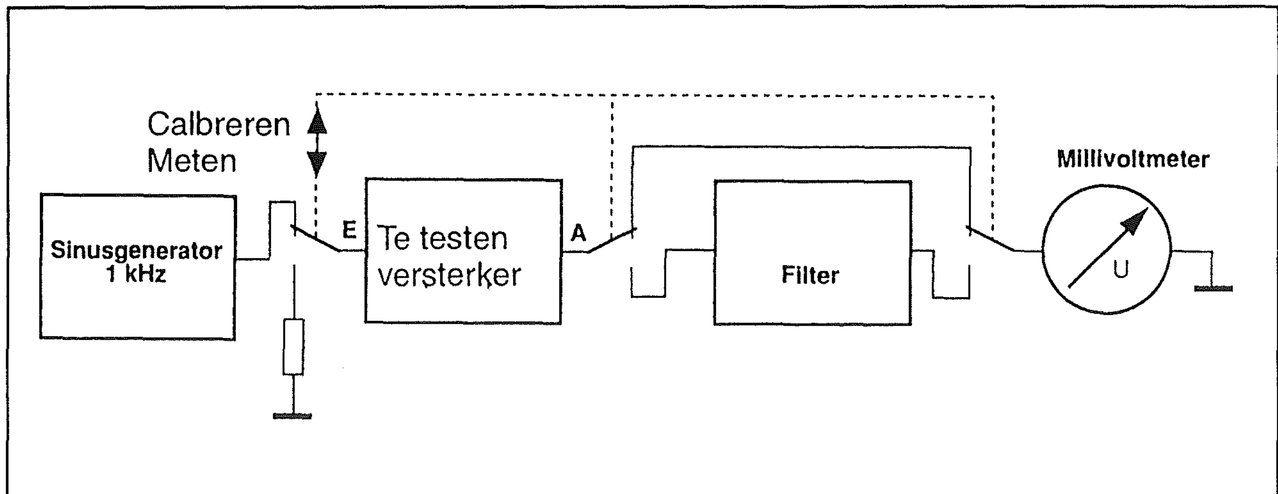
**Rumble**

Naast deze twee stoorafstanden bestaat er nog een ander stoorsignaal, "Rumble". Het gaat daarbij om geluiden die pas onder ongeveer 300 Hz hoorbaar worden. Rumble-geluiden doen zich voornamelijk voor bij mechanisch aangedreven apparaten, die de door de aandrijving opgewekte storende geluiden doorgeven, dus bijvoorbeeld platenspelers en dergelijke.

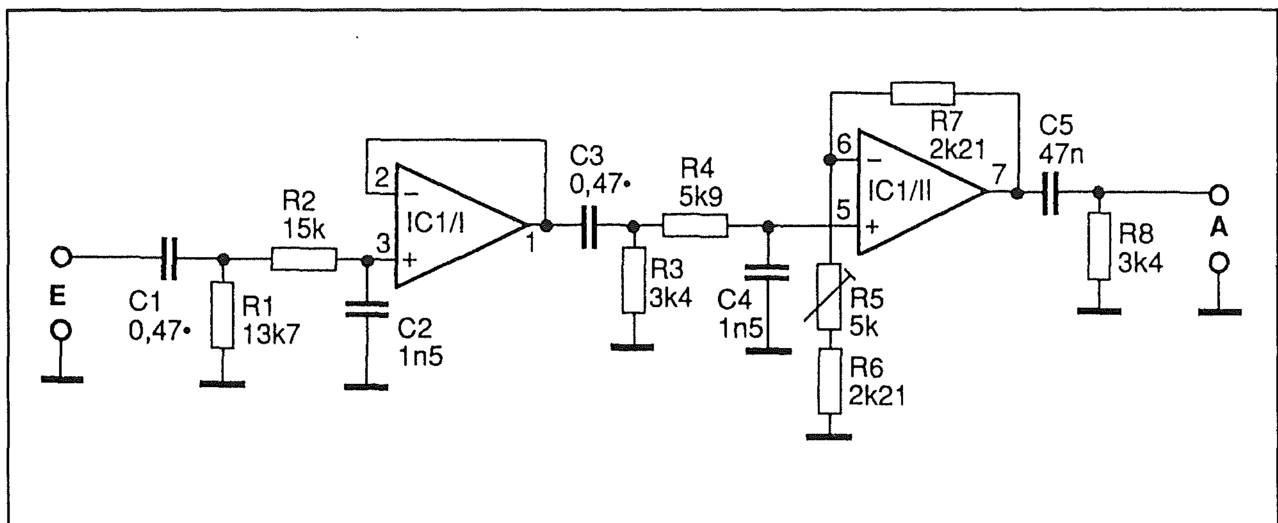
**Meetprincipe**

Uit het voorgaande vloeit voort dat er twee niveaumetingen moeten worden uitgevoerd, namelijk een van het totale niveau bij volledige uitsturing van het te testen apparaat en vervolgens een van de restniveaus van de stoorsignalen, zonder nuttig signaal aan de ingang. Dit meetprocédé is in figuur 3/8.1.9-21 weergegeven. Voor de beoordeling wordt na de dB(A)-meting een gehoorkromme-filter van 30 foon gebruikt. Dit bezit een frequentiekarakteristiek die het spiegelbeeld vormt van de menselijke curve bij hetzelfde volume voor 30 foon. Daarmee wordt dan de "frequentie-karakteristiek" van het gehoor voor kleine volumes bij de meting nagebootst. In de stand "Calibreren" krijgt het te testen apparaat een testtoon van de sinusgenerator (meestal met een frequentie van 1 kHz).

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**




**Figuur 3/8.1.9-21:** Het meetprincipe voor signaal/storing-metingen.




**Figuur 3/8.1.9-22:** Een schema van een goed werkend filter.

Om volledige uitsturing te bereiken moet het niveau de juiste hoogte hebben. Meestal wordt, om de meetsituatie zo nauwkeurig mogelijk weer te geven, de signaalspanning van de meettoon of de uitgangsspanning aangegeven. De LF-millivoltmeter meet dan de spanning $U_{uit}$. In de stand "Meten" moet de ingang van het te testen apparaat op een gedefinieerde impedantie worden gezet, die ook bij normaal bedrijf aanwezig is. Eventueel dient deze impedantie te worden aangegeven. Eveneens in deze stand passeert het uitgangssignaal het gehoorkrommefilter en komt dan bij de LF- millivoltmeter terecht, waar de spanning $U_{stoor}$ wordt gemeten. Bij het meten van de signaal/ruis-verhouding valt het gehoorkromme-filter weg, omdat de frequentiekarakteristiek dan onvervalst moet blijven.

**Meetschakeling en praktijk**

Als gegevensopnemer is elke gevoelige LF-millivoltmeter geschikt. Wél is er nog een dB(A)-filter (gehoorkromme-filter

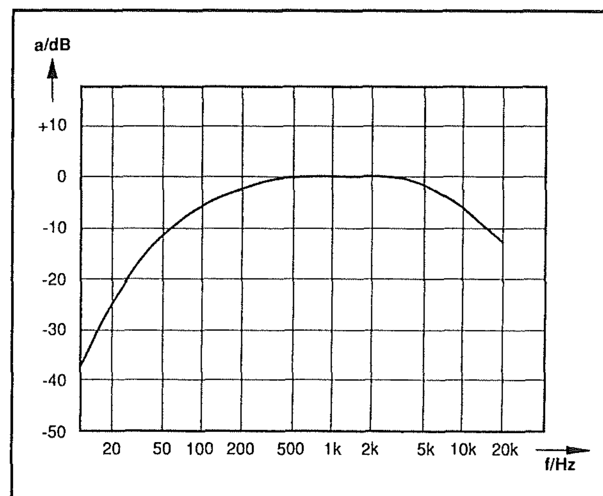
van 30 Hz) nodig, waarvan een voorbeeld is gegeven in figuur 3/8.1.9-22. De waarden van de onderdelen die de frequentie-karakteristiek beïnvloeden, zijn zo gekozen dat ongeveer het spiegelbeeld van de frequentie-karakteristiek van de curve bij hetzelfde volume voor 30 foon ontstaat (zie figuur 3/8.1.9-23). Het filter moet belast worden met een hoge ingangsimpedantie (200 kΩ), hetgeen natuurlijk geen probleem is als men er een millivoltmeter op aansluit.

**De effectieve waarde van stoorspanningen**

Als een LF-millivoltmeter alleen bij een sinusvormig signaal de effectieve waarde aangeeft, hetgeen bij de meeste analoge apparaten het geval is, moet de gemeten waarde met de factor 1,13 worden vermenigvuldigd om de echte effectieve waarde van de stoorspanning te verkrijgen. Dergelijke spanningen zijn immers nier sinusvormig en de eenvoudige gelijkrichter in de meeste voltmeters bepaalt de topwaarde van het signaal. Deze topwaarde kan bij sinusspanningen eenvoudig worden omgezet naar de effectieve waarde, maar bij niet-sinusvormige signalen heeft die omzettingsfactor een andere waarde, afhankelijk van de vorm van het signaal. De factor 1,13 blijkt in de praktijk een goed gemiddelde te zijn.

**Gegevens over de meetsituatie**

Als de meetsituatie waaronder een signaal/ruis-afstand werd gemeten niet eenduidig is gedefinieerd, moeten hierover ook specifieke gegevens worden verstrekt, omdat anders de opgegeven getallen geen waarde hebben en evenmin kunnen worden gecontroleerd. Zo is de stoorafstand bij apparaten met meerdere uitgangen niet noodzakelijk op elke uitgang gelijk. Ook de stand van schakelaars, regelaars, etc. is mogelijk van belang. Moet daarentegen de spanning voor maximale uitsturing worden gedefinieerd, dan is het vaak voldoende om de uitgangsspanning te specificeren waarbij de meting van het totale signaal heeft plaatsgevonden. Voor een voorversterkermodule van een mengpaneel wordt bijvoorbeeld meestal de uitgangsspanning en, indien aanwezig, de stand van de niveauregelaar opgegeven. Bovendien moeten gegevens over de bronimpedantie worden opgegeven. Voor de zekerheid dient bij de volledige uitsturing de frequentie van het sinussignaal te worden opgegeven, hoewel een frequentie van 1.000 Hz het meest gebruikelijk is.




**Figuur 3/8.1.9-23:** De frequentie-karakteristiek van het filter van figuur 3/8.1.9-22.

# Dynamiek

**Inleiding**

De dynamiek van een audio-systeem zegt iets over het vermogen ervan om grote niveauverschillen in het signaal zo weer te

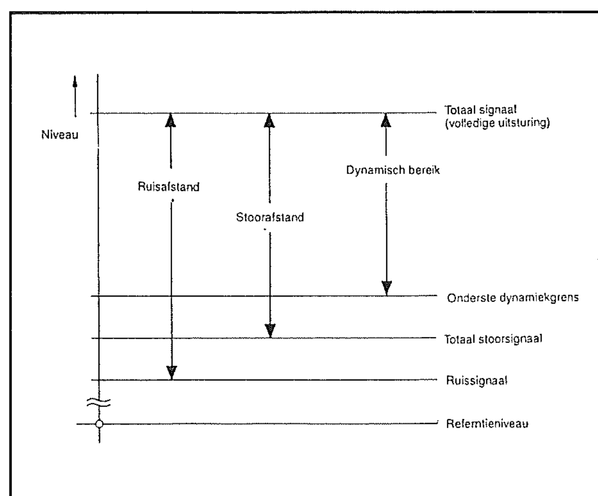
geven dat de verstaanbaarheid gewaarborgd blijft. De dynamiek is dan ook een belangrijke factor bij de kwaliteitsbeoordeling van een apparaat of systeem. Het menselijk gehoor is in staat om signalen met een dynamisch bereik van maximaal 130 dB te verwerken. Ook met de modernste apparatuur is een dergelijk bereik niet te behalen. De dynamiek van een audiosysteem wordt gedefinieerd als het niveauverschil tussen het hardste en het zachtste signaal dat nog net over te dragen valt. Daarbij wordt de bovengrens van het niveau $A_{max}$ (dus het hardste signaal) bepaald door de toelaatbare volledige uitsturing van het audio-apparaat, terwijl de ondergrens van het niveau, $A_{min}$ volgens verschillende richtlijnen kan worden vastgesteld. Aan de ene kant is het kleinste niveau bij digitale systemen afhankelijk van de resolutie, omdat de kleinste drempelwaarde aan beide zijden van een signaal immers overeenkomt met het "analoge gewicht" van het minst belangrijke bit MSB. Bij analoge systemen wordt de ondergrens meestal door het stoorsignaal bepaald. Ervan uitgaande dat de signaalspanning bij volledige uitsturing $U_{max}$ is en de kleinste nog overdraagbare signaalspanning $U_{min}$ is de definitie voor de dynamiek:

$A_{dyn} = 20 * \log(U_{max}/U_{min})$

De kleinste signaalspanning moet nog duidelijk hoger zijn dan het stoorsignaal. Ongeveer 6 dB (spanningsverhouding 2:1 ) zou een veilige marge zijn. Afzonderlijke tonen kunnen weliswaar zelfs met een geringere marge nog van ruis worden onderscheiden, maar dat geldt niet voor algemeen signaal, zoals spraak en muziek. Volgens deze definitie zal de dynamiek getalsmatig altijd geringer uitvallen dan de signaal/ruis-verhouding en daardoor ook geringer dan de stoorafstand.

### De niveaus in een audio-systeem

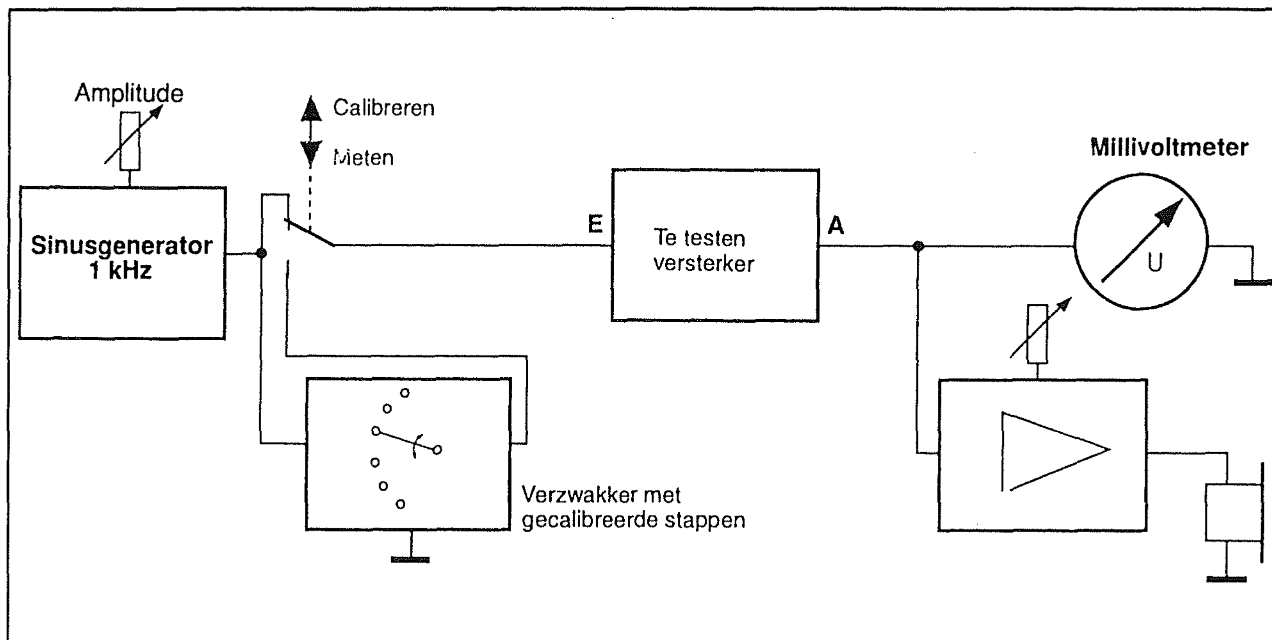
Al met al bestaan er dus nogal wat signaaldefinities in de audio-meettechniek. Het schema van de belangrijkste niveaus is in het schema van figuur 3/8.1.9-24 voorgesteld.




**Figuur 3/8.1.9-24:** De belangrijkste signaalniveaus in een audio-systeem.

### Meetprincipe

Het meetprincipe komt in grote lijnen overeen met dat voor de signaal/ruis-verhouding. Alleen wordt bij het bepalen van de kleinste signaalspanning de sinusgenerator niet van het te testen apparaat gescheiden, maar op een minimaal niveau ingesteld. Voor het beoordelen van het kleinste niveau op de uitgang van de te testen versterker zou een hoofdtelefoon kunnen worden aangesloten, waarmee precies wordt vastgesteld wanneer het niveau boven het stoorgeluid wordt getild. De LF-millivoltmeter op de uitgang kan dus achterwege blijven, want de beide spanningen, respectievelijk de beide niveaus kunnen direct op de verzwakker van de sinusgenerator worden afgelezen.




**Figuur 3/8.1.9-25:** De meetopstelling voor het bepalen van de dynamiek.

Heeft dit apparaat echter géén geijkte verzwakker, dan moet men de millivoltmeter natuurlijk wél op de uitgang zetten.
In figuur 3/8.1.9-25 is de meetopstelling weergegeven. In de stand "Calibreren" van de schakelaar wordt de amplitude van de generator zo ingesteld dat het te testen apparaat volledig wordt uitgestuurd. Dan wordt het niveau met het meetinstrument vastgesteld. In de stand "Meten" wordt het niveau met de verzwakker zo ver verlaagd tot de meettoon via de hoofdtelefoon nog net duidelijk van de ruis te onderscheiden is. Het verschil tussen de twee gemeten niveaus of de waarde van de niveauverzwakking komt overeen met het dynamisch bereik.

**Ook nu in dB meten!**

Omdat de dynamiek wordt uitgedrukt in een aantal dB moeten beide signaalmetingen uitgevoerd worden op een in dB geijkte schaal. Als het niveau voor maximale uitsturing overeen komt met +20 dB en het minimale niveau met -56 dB, dan bedraagt de dynamiek van het systeem 76 dB.

**Dynamiek bij cassette-apparatuur**

Voor geluidsbanden bestaan nauwkeurige diagrammen van de fabrikant, waaruit een dynamiek valt af te lezen. Deze is van veel factoren afhankelijk, namelijk van het (geschatte) stoorniveau en van de uitstuurbaarheid, waarbij de laatste nog van de op het apparaat ingestelde voormagnetisering afhangt.
Het is niet zinnig om van bandmateriaal de dynamische eigenschappen te bepalen indien die door de fabrikant nauwkeuriger kunnen worden opgegeven.
Meestal liggen de waarden zo rond de 60 dB bij 1/4 inch banden en snelheden vanaf 19 cm/s. Voor cassettemateriaal is de waarde slechter, niet in het minst vanwege de lage snelheid van 4,76 cm/s.
Gebruikelijk zijn daarentegen over-band metingen, dat wil zeggen, een meetmethode waarin de opname en de weergave in een en hetzelfde te testen apparaat zijn

gecombineerd. Bij apparaten met een zogenoemde nabandcontrole kan het resulterende weergavesignaal al tijdens de opname worden gecontroleerd. In dat geval kan eveneens gebruik worden gemaakt van de meetopstelling zoals die in figuur 3/8.1.9-25 is getekend.
Als er geen nabandcontrole voorhanden is, kunnen al bij de opname veel verschillende niveaus worden opgenomen, die vervolgens bij de weergave moeten worden beoordeeld.
Bijzondere aandacht verdient het niveau 0 dB voor volledige uitsturing, ook wel het referentieniveau genoemd. Voor elke soort band is hiervoor een magnetische flux, gerelateerd aan een bespeelde bandbreedte, aangegeven. Volgens IEC en DIN ontstaan hierbij fluxen volgens de tabel in figuur 3/8.1.9-26. Het referentieniveau voor de hoge bandsnelheid van 76 cm/s is soms ook in afwijking hiervan met 320 nW/m aangegeven. Een optimale instelling van het apparaat (kopazimuth, voormagnetisering, schoongemaakte en gedemagnetiseerde toestand) is een voorwaarde voor zinvolle metingen.
Om de dynamiek van een apparaat met een bepaald type band te meten, moet eerst het referentieniveau voor deze band bij de opname worden bereikt. Voor een zinvolle meting is daarbij een in de handel verkrijgbare referentieband of referentiecassette nodig. Bij het afspelen van een dergelijke referentie komt een uitgangsniveau tot stand waarnaar dan bij een opname met een gewone band ook moet worden gestreefd. Daarvoor mag alleen de instelpotentiometer voor de uitsturing anders staan. Snelle uitsturingsmeters kunnen in deze situatie op 0 dB worden geijkt. Trage VU-meters moeten een voorsprong van 6 dB krijgen, dat wil zeggen, ze moeten al bij het halve niveau, respectievelijk de halve bandflux, 0 dB aanwijzen. Als de uitsturingsinstelling voor het bereiken van het referentieniveau is gevonden, kunnen opnamen met een gedefinieerde niveauverzwakking worden vervaardigd en daarna beoordeeld. De meettoon moet weer duidelijk te onderscheiden zijn van de bandruis.

**Dynamiek bij digitale weergavesystemen**
Voor digitale systemen is eveneens een medium met een testtoon nodig. De uitsturing is hier niet afhankelijk van het medium, maar alleen van de resolutie, die normaal 16 bit bedraagt. Een signaal dat alleen het LSB verandert vertegenwoordigt als het ware het kleinste, door het systeem weer te geven niveau-verschil.
Hieruit volgt een maximaal dynamisch bereik van:
$A_{dyn} = 20 * \log (2^{16}/1)$
of:
$A_{dyn} \cong 96$ dB
De werkelijke dynamiek is echter ook nog afhankelijk van de signaalvorm en neemt bij een sinusvorm met ongeveer 1,7 dB toe. De overeenkomstige signalen kunnen bij digitale opslagmedia door programma's worden opgewekt. Het opnemen van signalen met dergelijke lage niveaus is dus niet nodig. Wanneer een dergelijk signaal vanwege slechte analoge signaalverwerking niet meer van de bijgeluiden te onderscheiden is, stijgt het lage niveau met 6 dB, omdat er nu een minimale verandering van 2 binaire eenheden nodig is, ofwel:
$A_{dyn} = 20 * \log (2^{16}/2)$
of:
$A_{dyn} \cong 90$ dB
Er zijn zeer betaalbare test-CD's met meettonen te koop, omdat die meestal ook veel gemakkelijker te vervaardigen zijn dan die voor analoge toepassingen. Bij sommi-

ge CD's met een testtoon komt het voor dat het referentieniveau 6 dB onder de mogelijke volledige uitsturing ligt. De kleine niveaus (op de aanwezigheid waarvan bij de aankoop van een medium met testtonen moet worden gelet) moeten dan uiteindelijk betrekking hebben op het niveau van de volledige uitsturing.

**Praktische tips**

In de praktijk zijn metingen op het gehoor weliswaar een beetje natte-vingerwerk, maar vanwege de zeer geringe niveaus zijn ze meestal toch nauwkeuriger dan zuivere niveaumetingen. Tenslotte gaat het om het isoleren van een testtoon uit de ruis met behulp van de oren. Niet elk oor zal echter dit onderscheid bij dezelfde niveauverhoudingen kunnen maken. Een dynamiekmeting kan ook naar schatting worden verricht. Tussen de uitgang van het te testen apparaat en de LF-millivoltmeter dient dan weer een dB(A)-filter te worden geplaatst (zie de paragraaf over de signaal/storingafstand). Voor een meting volgens de criteria van het gehoor is dit niet nodig, omdat de geluiden dan al enigszins geschat worden waargenomen. Aangezien het bij het meten om zeer geringe niveaus gaat, moeten de ruis en de andere storende geluiden die van de meetversterker komen een stuk minder duidelijk zijn dan het stoorsignaal van het te testen apparaat, anders wordt hoofdzakelijk het dynamische bereik van het meetsysteem gemeten.

Aan deze eis wordt het best voldaan als het referentieniveau overeenkomt met een zo hoog mogelijke signaalspanning. Dan is bij dezelfde dynamiek de kleinste signaalspanning meestal nog groot genoeg om goed gemeten te kunnen worden. Bij CD-spelers bedraagt de uitgangsspanning bij volledige uitsturing meestal 2 $V_{effectief}$, bij 90 dB verzwakking derhalve 63 $\mu V_{effectief}$, een spanning die met een goede millivoltmeter nog te meten is. Er zijn echter ook te testen apparaten met een veel geringere uitgangsspanning, waarbij de eisen aan de versterker in de millivoltmeter sterk toenemen.

Om te beoordelen of de meettoon nog boven de ruis hoorbaar is, zou deze niet voortdurend moeten worden aangeboden, maar onder de vorm van pulsen. Gebruikelijk is een meetfrequentie van 1.000 Hz. Als de ruisafstand bekend is, kan erop worden gelet of de niveauverhoudingen volgens figuur 3/8.1.9-24 gewaarborgd zijn. Dan staat al vóór de meting ongeveer vast wat de dynamiek is.

**Voorbeelden van dynamiekmetingen**

- **Cassetterecorder**
  - Referentiecassette (referentietoon 333 Hz) plaatsen en weergavespanning meten.
  - Normale cassette plaatsen en er verschillende niveaus op opnemen, tot bij de weergave weer dezelfde spanning te meten is als bij de referentiecassette.
  - Eventueel bij de gevonden uitsturing de peak-wijzer op 0 dB instellen.
  - Doorgaan met opnemen, maar dan bij verschillende instellingen van de geijkte verzwakker.
    Bij ongeveer -30 dB beginnen en in stappen van 2 dB verzwakken.
    Elke stap ongeveer 10 seconde opnemen.
  - Bij de weergave de plaats bepalen waar de meettoon nog duidelijk te onderscheiden is van de ruis. De waarde van de hiervoor gebruikte verzwakking komt overeen met de dynamiek.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

| Bandsnelheid | Meetfrequentie | Bandflux voor referentieniveau 0 dB in nW/m |
|---|---|---|
| ≤ 9,53 cm/s | 333 Hz | 250 |
| 19,05 cm/s, 38,1 cm/s | 1 kHz | 320 |
| 76,2 cm/s | 1 kHz | 160 |
| 4,76 cm/s (cassette) | 400 Hz | 200 (voor Dolby- en HighCom-referentieniveaus) |

**Figuur 3/8.1.9-26:** De gestandaardiseerde magnetische fluxen voor verschillende bandweergave systemen.

- **Versterker en voorversterker**
  - Signaal voor volledige uitsturing op de uitgang zetten. Bij vermogensversterkers moet een dummy-weerstand met voldoende belastbaarheid worden gebruikt.
  - Niveau van het testsignaal met verzwakker sterk reduceren.
  - Meetversterker met hoofdtelefoon op de versterkeruitgang aansluiten.
  - Niveau met verzwakker zo instellen dat de meettoon nog net van de ruis te onderscheiden is. De waarde van de verzwakking komt overeen met de dynamiek.
- **CD-spelers**
  - Millivoltmeter en hoofdtelefoon op de uitgang aansluiten.
  - Meet-CD met lage niveaus plaatsen.
  - Sporen met verschillende niveaus afspelen en bepalen welke zich nog duidelijk van het stoorgeluid onderscheiden.
  - De waarde van het niveau dat onder het niveau bij volledige uitsturing ligt, komt overeen met de dynamiek.

**Dynamiek van microfoons**

Ook de dynamiek van een microfoon kan, in combinatie met die van de voorversterker, worden onderzocht. Het testsignaal wordt in dit geval geleverd door een luidspreker, die zo wordt aangestuurd dat er op de te meten microfoon een geluidsdruk van 1 Pa (komt overeen met een volume van 94 dB) aanwezig is. Daarvoor is meestal een geijkte meetmicrofoon nodig, die vlak bij de te meten microfoon dient te worden gemonteerd. De door de microfoon (inclusief de voorversterker) afgegeven spanning $U_{uit}$ wordt genoteerd. Vervolgens wordt $U_{min}$ bepaald door elke vorm van geluid bij de microfoon vandaan te houden.

Het resultaat is een spanning die via een gewogen filter van het type dB(A) kan worden gemeten. Aan de hand van de twee gemeten spanningen kan men de ruisafstand $a_s$ berekenen met:

$a_s = 20 * \log (U_{uit}/U_{min})$

Er is geen gewogen filter voor het bepalen van de dynamiek nodig als dit op het gehoor wordt gedaan. Hiervoor moeten na het meten van $U_{min}$ alleen nog de onderstaande stappen worden uitgevoerd.

- Meetversterker met hoofdtelefoon op de microfoon dan wel op de uitgang van de voorversterker aansluiten.
- Het signaalniveau aan de luidsprekerzijde verlagen met behulp van een in dB geijkte verzwakker tot het signaal nog duidelijk van het storende geluid is te onderscheiden.

- De waarde van de verzwakking komt overeen met die van de te bepalen dynamiek.

# Overspraakdemping

**Inleiding**
Als er meer dan één kanaal moet worden overgedragen, hetgeen tegenwoordig natuurlijk vrijwel steeds het geval zal zijn (stereo!), ontstaat er vaak onderlinge beïnvloeding, die gedefinieerd wordt met het begrip "overspraak" (Engels crosstalk). De signalen van het ene kanaal komen daarbij gedeeltelijk ook in een ander kanaal terecht. In de meeste gevallen gaat het om de onderlinge beïnvloeding van de twee kanalen bij stereoweergave. Het belang van de overspraakdemping varieert per toepassing. Zo zijn bij de gebruikelijke stereosignalen waarden van 40 dB meer dan voldoende, omdat de signalen van de beide kanalen normaal qua inhoud erg op elkaar lijken. In dat geval is een verschil tussen 40 dB en 60 dB overspraakdemping akoestisch nauwelijks te registreren. Als men bedenkt dat de meeste stemmen in een opname zich toch al niet volledig op één kanaal concentreren, maar een positie tussen de twee uitersten op de stereoschaal innemen, dan verplaatst de positie zich maar een heel klein stukje naar het midden, de basisbreedte wordt dus groter. Daarentegen zijn speciale kanaalweergaven (Dolby Surround en dergelijke) op preciezere kanaalscheidingen aangewezen, omdat zelfs de geringste beïnvloeding hier al een behoorlijk effect kan hebben. Daarnaast is het bij meerkanaals weergave natuurlijk ook mogelijk om onafhankelijke signalen tegelijk te verwerken. Zo worden er bij televisie vaak twee monokanalen in plaats van een stereosignaal uitgezonden, bijvoorbeeld de Duitse nagesynchroniseerde stemmen en het oorspronkelijke geluid. Ook hier zou te weinig scheiding erg storend zijn, omdat vooral in stille passages de overspraak van het andere kanaal hoorbaar zou zijn.

**Definitie**
Ervan uitgaande dat het oorspronkelijke signaal met de spanning $U_o$ alleen op het linker kanaal aanwezig is en het rechter kanaal als gevolg van een ontoereikende signaalscheiding hetzelfde signaal afgeeft, maar dan met spanning $U_{ov}$ geldt voor de overspraakdemping:
$A_{ov} = 20 * \log (U_o/U_{ov})$
De eenheid van deze logaritmische verhouding is weer de dB.
De overspraakdemping is sterk afhankelijk van de frequentie en is bij hoge frequenties lager dan bij lage. Om die reden is het absoluut noodzakelijk om de meetfrequentie te specificeren. Het is handig om diverse waarden bij verschillende frequenties op te geven. Het stoorsignaal in het tweede kanaal bevat echter vreemdsoortige signalen, zoals ruis op het eigen kanaal. Daarom moet er beslist voor worden gezorgd dat alleen het overspraaksignaal bij de meting wordt geselecteerd, eventueel via banddoorlaatfilters.

**Meetprincipe**
In figuur 3/8.1.9-27 is het meetprincipe weergegeven. Om te beginnen moet het te testen apparaat via een op de ingang aangesloten sinusgenerator ingesteld worden op volledige uitsturing. De normale weergave vindt plaats via het linker kanaal, het rechter kanaal zou (in het ideale geval) moeten zwijgen. Het selectief filter moet op de meetfrequentie worden ingesteld. Dan geeft de LF-

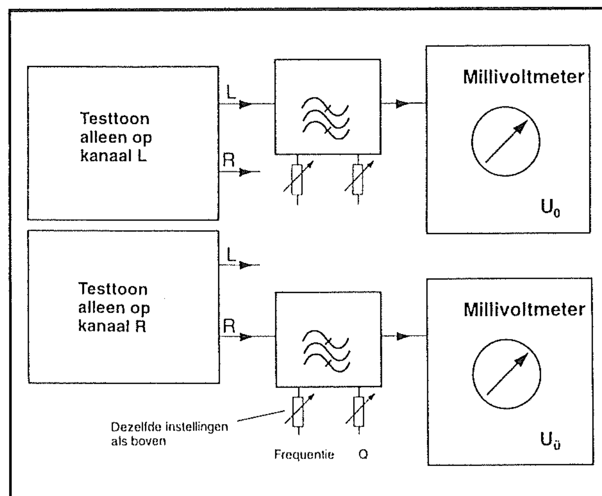
**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

millivoltmeter de referentiespanning $U_0$ aan. Vervolgens wordt de meetopstelling in zijn geheel op de uitgang van het rechter kanaal van het te testen apparaat aangesloten, waar idealiter geen testtoon aanwezig zou moeten zijn.

De LF-millivoltmeter meet echter een restspanning $U_{ov}$, die wordt veroorzaakt door de overspraak. De overspraakdemping is dan weer het resultaat van de reeds bekende vergelijking:

$A_{ov} = 20 * \log (U_0/U_{ov})$

Het selectieve filter moet zeer ruisarm zijn. Een oscilloscoop in plaats van een LF-millivoltmeter maakt het beste duidelijk welk deel van het signaal inderdaad bij de testtoon hoort en welk bij de ruis of bij andere storingen.




**Figuur 3/8.1.9-27:** De meetopstelling voor het meten van de overspraak.

## Praktische metingen

Digitale systemen hebben normaal een door het systeem bepaalde hoge overspraakdemping.

De waarde hiervan wordt in principe door het analoge gedeelte bepaald. Veel slechtere waarden voor kanaalscheidingen vertonen bijvoorbeeld platenspelers en cassetterecorders, omdat vooral de leeskoppen door hun positie de neiging hebben elkaar te beïnvloeden. Hierna volgt de puntsgewijze beschrijving van enkele voorbeeldmetingen.

## Bandapparatuur

Bij bandapparatuur zijn verschillende vormen van overspraakdemping interessant. Enerzijds de gebruikelijke tussen de twee stereokanalen, terwijl er anderzijds ook overspraak voorkomt tussen een actief spoor en een naburig spoor, dat actief wordt als de band of cassette wordt omgedraaid. Door de verstrooiingskarakteristiek van de magnetische flux op de band treedt er bij bandapparatuur in principe altijd overspraak op, die bij de lagere frequenties duidelijker merkbaar wordt.

Bij deze metingen is niet alleen het correcte azimuth (loodrechte afstelling) van de kop belangrijk, maar ook de correcte hoogte van de kop. Hetzelfde geldt natuurlijk voor het opnemen van de testband voor diegenen die geen gebruik willen maken van een commerciële referentieband. Als hetzelfde apparaat zowel wordt gebruikt voor het maken van de testband als voor het meten van de overspraakdemping, is er vanwege de volledige foutcompensatie geen correcte kophoogte meer vereist, mits de opname- en weergavekop dezelfde hoogte hebben.

De overspraakdemping tussen twee actieve sporen kan als volgt worden gemeten.

- Een op het linker kanaal bespeelde testband plaatsen en weergeven (ongeveer met volledige uitsturing).
- Met een LF-millivoltmeter de uitgangsspanning $U_0$ op het linker kanaal meten. Daarbij het selectieve filter op het maximum voor de gebruikte frequentie instellen.
- De uitgangsspanning $U_{ov}$ op het rechter kanaal weer met het selectieve filter

meten, waarbij de eerdere instellingen worden overgenomen.
- De overspraakdemping volgens de gegeven vergelijking berekenen.
- Metingen eventueel herhalen voor andere frequenties.

Voor het bepalen van de overspraakdemping van een actief spoor ten opzichte van een naburig inactief spoor kan de volgende werkwijze worden aangehouden.
- Op één kanaal op kant A van een testband een signaaltoon met een frequentie van 1 kHz plaatsen.
- De uitgangsspanning $U_o$ met de LF-millivoltmeter op het betreffende kanaal meten.
  Daarvoor het selectieve filter op het maximum voor de gebruikte frequentie instellen.
- De uitgangsspanning $U_{ov}$ op een van de twee kanalen meten nadat de band is omgedraaid.
  De instellingen van het selectieve filter zo laten.
- De overspraakdemping volgens de gegeven formule berekenen.

De volgorde van de sporen bij 1/4 inch banden en bij normale stereocassettes is in figuur 3/8.1.9-28 getekend. Hieruit blijkt dat de signalen van het linker kanaal van elke kant het dichtst bij elkaar liggen, zodat daar ook de grootste beïnvloeding te verwachten is.

**Platenspelers**

Bij platenspelers wordt de kanaalscheiding hoofdzakelijk door de eigenschappen van de elektrische elementhouder bepaald.

De onderlinge positie van de spoelen moet ervoor zorgen dat de ten opzichte van elkaar loodrechte bewegingen van de naald (opgewekt door de profielen van de twee wanden van de groef, die elk bij een kanaal horen) een scheiding van de signaalspanningen van de twee kanalen tot gevolg heeft.

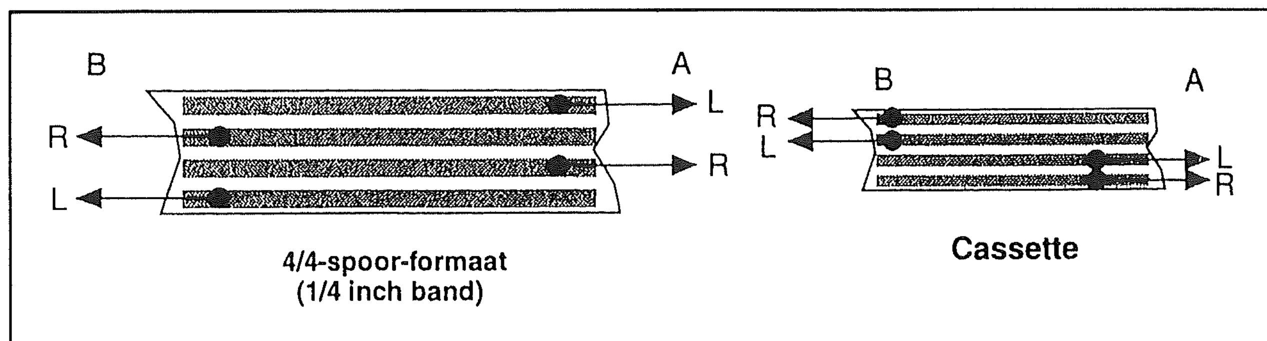
Om verschillende redenen is deze scheiding echter niet volledig mogelijk. De bewegingen zijn namelijk niet helemaal van elkaar te scheiden, omdat de loodrechte hoek niet exact is en ook omdat het element niet altijd precies horizontaal is uitgebalanceerd.

Voor het meten van de overspraakdemping is een meetplaat nodig, waarop opnamen per kanaal staan. De werkwijze is als volgt.
- De testplaat op het draaiplateau leggen en het signaal voor het linker kanaal weergeven. Er moet uiteraard een RIAA-correctievoorversterker zijn aangesloten.
- De uitgangsspanning $U_o$ met een LF-millivoltmeter op het linker kanaal meten. Daartoe het selectieve filter op het maximum voor de gebruikte frequentie instellen.
- De uitgangsspanning $U_{ov}$ op het rechter kanaal weer met het selectieve filter meten, waarbij de eerdere instellingen worden overgenomen.
- De overspraakdemping volgens de bekende formule berekenen.

Meting eventueel herhalen voor andere frequentie.

**Versterkers**

Overspraak bij versterkers is hoofdzakelijk het resultaat van capacitieve instraling van het ene kanaal naar het andere, van een slechte ontkoppeling van de voeding of van verkeerd gelegde massadraden. Voor de meting wordt de volgende werkwijze aangehouden.
- Testsignaal op het linker kanaal weergeven, waarbij oversturing absoluut vermeden moet worden.




**Figuur 3/8.1.9-28:** De volgorde van de sporen bij 1/4 inch banden en bij compact cassettes.

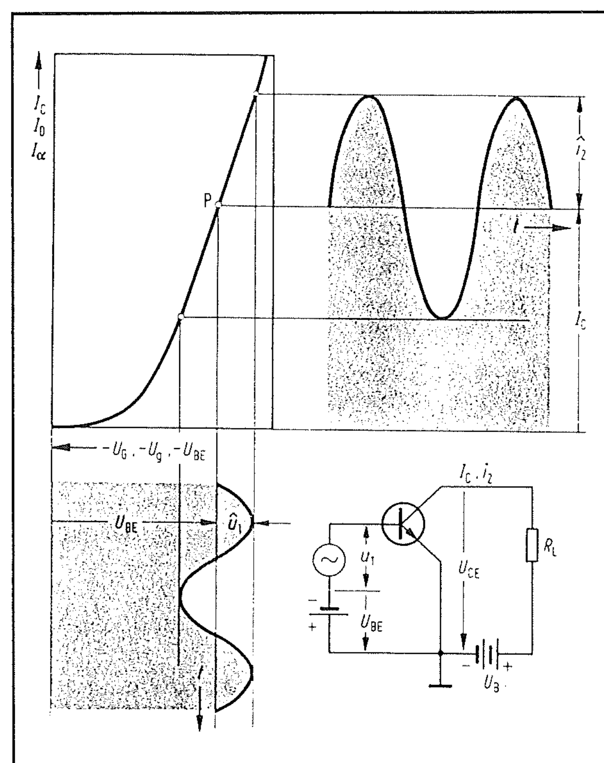
- De uitgangsspanning $U_0$ met een LF-millivoltmeter op het linker kanaal meten. Daartoe het selectieve filter op het maximum voor de gebruikte frequentie instellen.
- De uitgangsspanning $U_{OV}$ op het rechter kanaal weer met het selectieve filter meten, waarbij de eerdere instellingen worden overgenomen.
- De overspraakdemping met de formule berekenen.

Meting eventueel herhalen voor andere frequenties.

# Harmonische vervormingen

## Inleiding

Als er aan de ingang van een LF-systeem een volledig onvervormde sinusspanning wordt gelegd, dan is het de bedoeling dat er op de uitgang een even onvervormde sinus ontstaat. Toch is dit in de praktijk niet het geval. Als het ingangssignaal een frequentie heeft van 1 kHz, dan zal het uitgangssignaal natuurlijk hoofdzakelijk bestaan uit een sinus van 1 kHz, maar daarnaast zullen er ook kleine signalen terug te vinden zijn met frequenties van 2 kHz, 3 kHz, kortom signalen met een frequentie die een veelvoud is van de frequentie van het ingangssignaal. Dit verschijnsel wordt de harmonische vervorming genoemd en ontstaat doordat de versterkende componenten in een audiosysteem, dus de buizen, transistoren of FET's, geen lineaire karakteristieken hebben. Dit wordt toegelicht aan de hand van de grafieken in figuur 3/8.1.9-29.



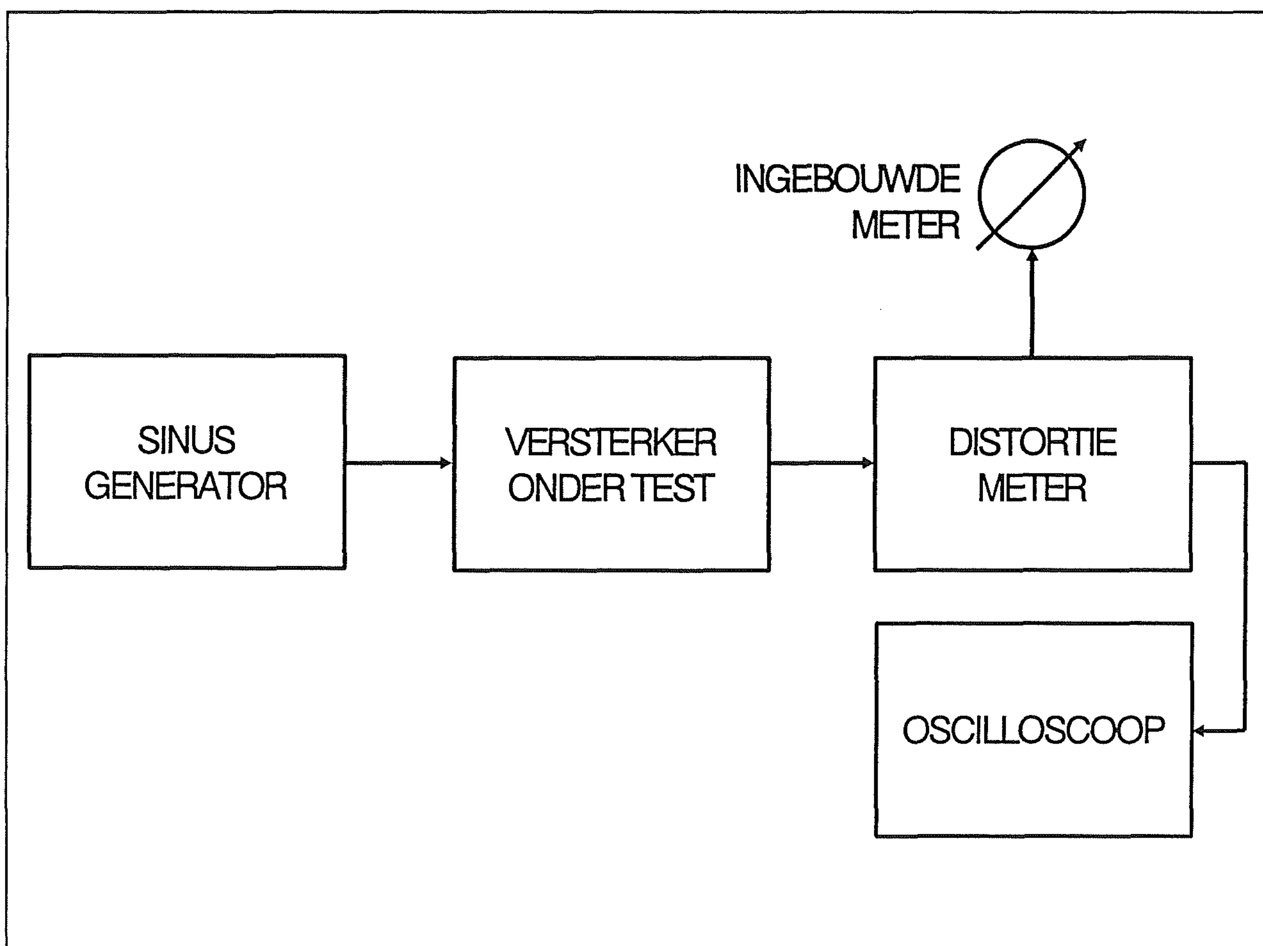

**Figuur 3/8.1.9-29:** Het ontstaan van harmonische vervorming.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

$$d = \frac{\sqrt{U_{2f1}^2 + U_{3f1}^2 + U_{4f1}^2 + \ldots}}{U_{tot}}$$

**Figuur 3/8.1.9-30:** De formule voor het berekenen van de harmonische vervorming.

In deze grafiek is de collectorstroom die door een transistor vloeit voorgesteld, in functie van de basis/emitter-spanning. Het te versterken signaal $U_T$ wordt op de basis toegevoerd en zal dus de basis/emitter-spanning moduleren. Het gevolg is dat ook de collectorstroom zal variëren. Het instelpunt P van de transistor schuift dus heen en weer over de karakteristiek. Als die karakteristiek volmaakt recht zou zijn, zou er niets aan de hand zijn. De stroom door de collector zou de sinusvormige variatie van de basis/emitter-spanning volmaakt volgen, de versterkte spanning op de collector zou ook volmaakt sinusvormig verlopen. De karakteristiek is echter niet echt recht maar iets gebogen. Het gevolg is dat er geen echt lineair verband bestaat tussen de basis/emitter-spanning en de collectorstroom. De iets gekromde karakteristiek zorgt ervoor dat in de collectorstroom harmonischen ontstaan, dus signalen met frequenties die een veelvoud zijn van de frequentie van het signaal op de basis.




**Figuur 3/8.1.9-31:** De meetopstelling voor het bepalen van de harmonische vervorming.

Kortom, iedere versterkertrap genereert per definitie harmonische vervorming.

**Definitie**

De harmonische vervorming d wordt als volgt gedefinieerd. Aan de ingang van de te testen schakeling wordt een sinusvormig signaal aangeboden met de frequentie f1. Op de uitgang zal men een signaal $U_{tot}$ aantreffen, dat is samengesteld uit signalen met onderstaande frequenties en grootten:

- het basissignaal $U_{f1}$;
- de eerste harmonische $U_{f2}$;
- de tweede harmonische $U_{f3}$;
- de derde harmonische $U_{f4}$;
- etc.

De waarde van de vervorming kan nu berekend worden uit de formule die in het kadertje van figuur 3/8.1.9-30 is gegeven.

**Meetopstelling**

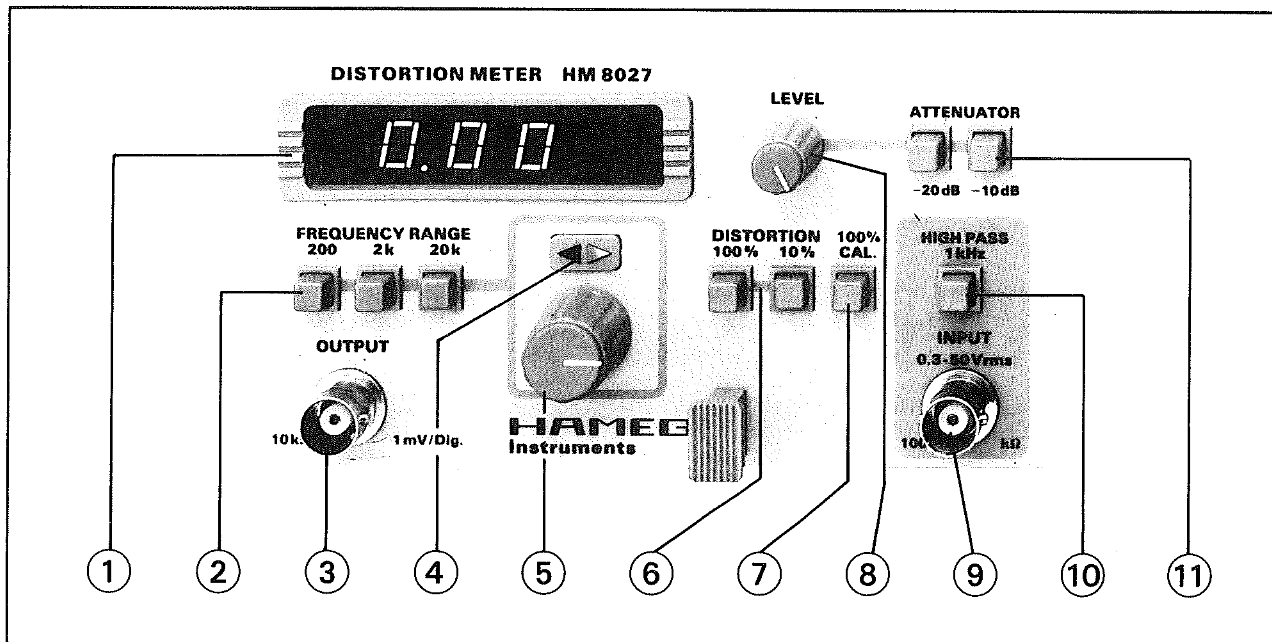
De meetopstelling is getekend in figuur 3/8.1.9-31. Een sinusgenerator die een uitgangssignaal levert met een zeer kleine eigen vervorming wordt op de ingang van de te testen schakeling aangesloten. De uitgang van de te testen schakeling gaat naar de ingang van de distortiemeter, de uitgang van dit apparaat gaat naar een millivoltmeter. Als men gebruik maakt van de in de inleiding beschreven Hameg-combinatie hoeft dit laatste natuurlijk niet, omdat deze meter een ingebouwde digitale meter heeft. Het kan handig zijn een oscilloscoop op de uitgang van de distortiemeter op te nemen. Op het scherm van dit apparaat kan men het soort vervorming observeren.

**Meetprocedure**

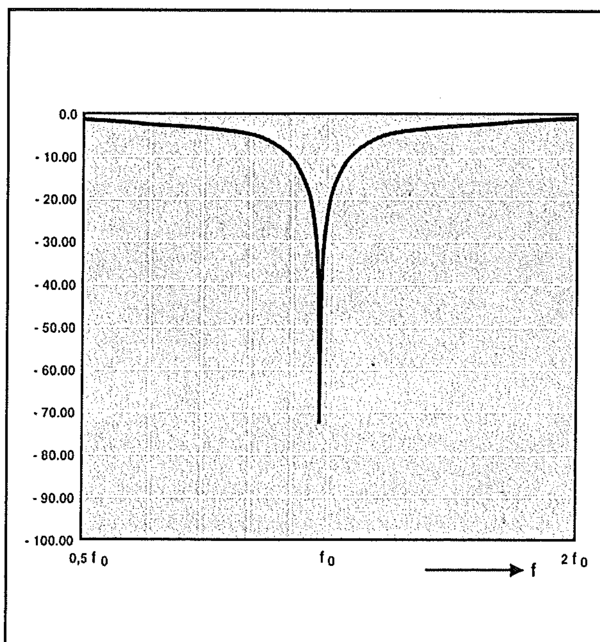
De procedure voor het meten van de harmonische vervorming is vrij ingewikkeld en bovendien bij ieder apparaat iets verschillend. Als voorbeeld wordt het werken met de eerder reeds geroemde Hameg-combinatie besproken. Aan de hand van de genummerde bedieningselementen in figuur 3/8.1.9-32 kan dat voorbeeld heel efficiënt behandeld worden.

- De ingang (9) wordt verbonden met de uitgang van de te testen schakeling.
- De uitgang (3) kan eventueel op een scoop aangesloten worden, maar noodzakelijk is dat niet.
- Men voert een sinus met een frequentie van 1 kHz toe aan het te testen apparaat.
  Natuurlijk moet de grootte van dit signaal zo ingesteld worden dat er geen sprake is van oversturing.
- Op de uitgang ontstaat nu de $U_{tot}$ uit de formule van figuur 3/8.1.9-30 en men moet nu de vervormingsmeter zo afregelen dat het display "100" aanwijst. Hiervoor bezit de Hameg distortiemeter een knop "100 % CAL" (7) en een potentiometer (8) waarmee men de schaal precies op de genoemde waarde kan instellen. Als dit niet lukt omdat de ingangsspanning te groot is kan men gebruik maken van de twee verzwakkers (11), die een extra signaalverzwakking van -10 dB, -20 dB of -30 dB introduceren.
- Het apparaat is nu klaar voor het meten van de vervorming, maar natuurlijk moet eerst de frequentie van het ingangssignaal (1 kHz) zo veel mogelijk onderdrukt worden. Men stelt de frequentie drukknoppen (2) in op het juiste bereik (2 k) en verdraait de fijnregeling (5) tot de twee LED'jes (4) niet meer branden.
  Het filter staat nu exact ingesteld op 1 kHz en de frequentie-karakteristiek van het ingebouwde sperfilter ziet er uit zoals getekend in figuur 3/8.1.9-33.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**




**Figuur 3/8.1.9-32:** Aan de hand van de genummerde bedieningselementen van de Hameg HM8027 distortiemeter wordt de meetprocedure beschreven.

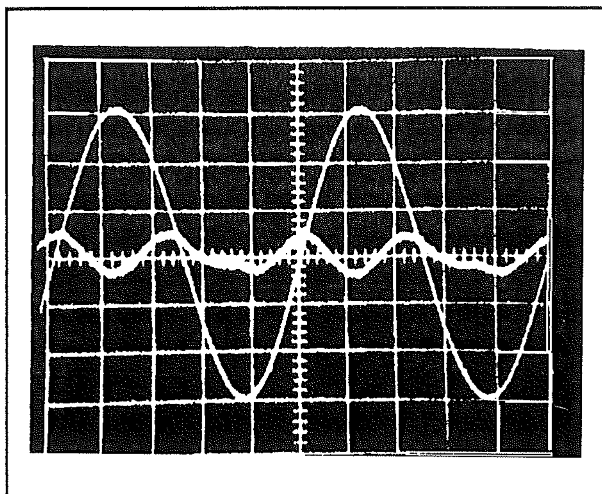



**Figuur 3/8.1.9-33:** De frequentie-karakteristiek van het filter in de vervormingsmeter.

– Men schakelt nu over op het meten van de vervorming door een van de knoppen (6) in te drukken. Eerst schakelt men de stand "100 %" in, als de meter zichzelf heeft gestabiliseerd kan men overschakelen naar het bereik "10 %". De uitlezing op het display (1) geeft nu rechtstreeks de harmonische vervorming aan in procenten.

**Vervorming zichtbaar maken**

Zoals reeds beschreven is het nuttig om een oscilloscoop op de uitgang van de distortiemeter aan te sluiten. De distortiemeter geeft immers alleen een procentuele waarde, maar geeft géén informatie over het soort vervorming. In figuur 3/8.1.9-34 is het schermbeeld van een twee-kanaals oscilloscoop weergegeven waarop zowel het totale uitgangssignaal (de sinus) als de vervorming te zien is. Duidelijk blijkt uit deze prent dat het vervormingssigaal voornamelijk uit de tweede harmonische bestaat.
De periode van het vervormingssignaal is immers de helft van deze van het ingangssignaal.



**Figuur 3/8.1.9-34:** Als een oscilloscoop op de uitgang van de vervormingsmeter wordt aangesloten krijgt men een goede indruk van de harmonische samenstelling van de vervorming.

## Hoe meten?

De mate van vervorming van een audiosysteem is van een aantal factoren afhankelijk, zoals:

- de frequentie;
- de mate van uitsturing.

Men kan dus vervormingskarakteristieken maken in functie van de frequentie en/of in functie van de mate van uitsturing. Vooral bij eindversterkers is dit laatste van belang. Iedereen wil natuurlijk weten of het gespecificeerde vervormingspercentage ook gehaald wordt als men het maximale vermogen uit de versterker haalt!

In figuur 3/8.1.9-35 is de meest gebruikelijke manier weergegeven, waaronder men de vervorming van een audiosysteem specificeert.

Men meet bij verschillende frequenties en bij iedere frequentie wordt bijvoorbeeld bij drie verschillende uitgangsvermogens gemeten, in het getekende voorbeeld 10 W, 25 W en 50 W. Men moet de versterker natuurlijk belasten met een dummyweerstand en het maximaal vermogen berekenen door de uitgangsspanning over deze weerstand steeds te meten. Daarvoor kan men de formule:

$P = U^2/R$ (W)

gebruiken, waaruit de spanning volgt voor een bepaald vermogen:

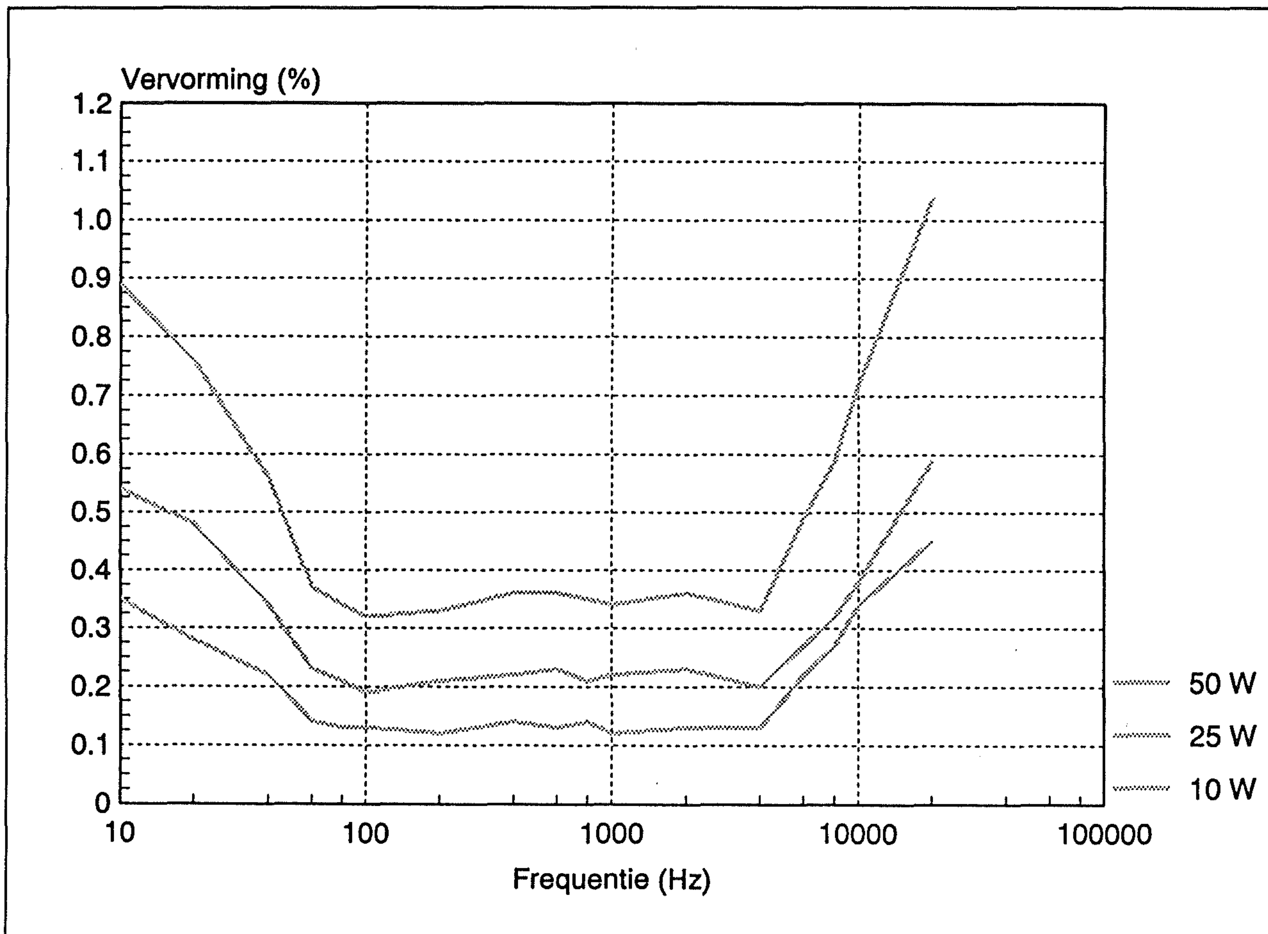
$U = \sqrt{(P * R)}$

## Voorbeeld

Stel dat men een eindversterker belast men een weerstand van 4 Ω en de vervorming wil bepalen bij 1 kHz en bij vermogens van 10 W, 25 W en 50 W.

- Stel de sinusgenerator in op 1 kHz en meet de spanning over de dummyweerstand met een millivoltmeter. Voor 10 W moet deze spanning gelijk zijn aan de vierkantswortel uit 40, dus 6,32 $V_{effectief}$.
  Deze uitgangsspanning moet natuurlijk ingesteld worden door de uitgangsspanning van de sinusgenerator te verhogen, tot de juiste spanning aan de uitgang verschijnt.
- Vervolgens voert men de reeds beschreven procedure uit voor het meten van de vervorming.
- Men voert het vermogen op tot 25 W, waarvoor een uitgangsspanning van 10 V nodig is.
- Bepaal weer de vervorming.
- Voer de uitgangsspanning op tot 14,14 V, hetgeen overeen komt met een uitgangsvermogen van 50 W.
- Bepaal de vervorming.

Herhaal de beschreven procedure voor alle andere testfrequenties.




**Figuur 3/8.1.9-35:** Een standaard karakteristiek waarin de vervormingseigenschappen van een versterker volledig worden vastgelegd.

# Maximaal vermogen

## Inleiding

Geen enkele andere eigenschap van audio-apparatuur wordt zo misbruikt als het maximaal vermogen. Computerversterkertjes met luidsprekers, die volgens grote kreten op de verpakking 2 x 25 W kunnen leveren, worden gevoed uit een netstekervoedinkje dat 12 V levert bij maximaal 1 A. Een simpele berekening leert dat een dergelijke voeding maximaal 12 W kan leveren en hoe hieruit twee maal 25 W luidsprekervermogen wordt gehaald is uiteraard het goed bewaarde geheim van de fabrikant! Men goochelt met kreten als "maximaal vermogen", "piekvermogen", "topvermogen" en niemand die weet wat die begrippen precies inhouden. Er bestaat in feite maar één goede definitie van vermogen en dat is het product van effectieve spanning over de luidspreker maal de effectieve stroom door de luidspreker. In formule:

$P_{effectief} = U_{effectief} * I_{effectief}$

Nu is het meten van de effectieve uitgangsstroom niet erg handig, dus kan men het

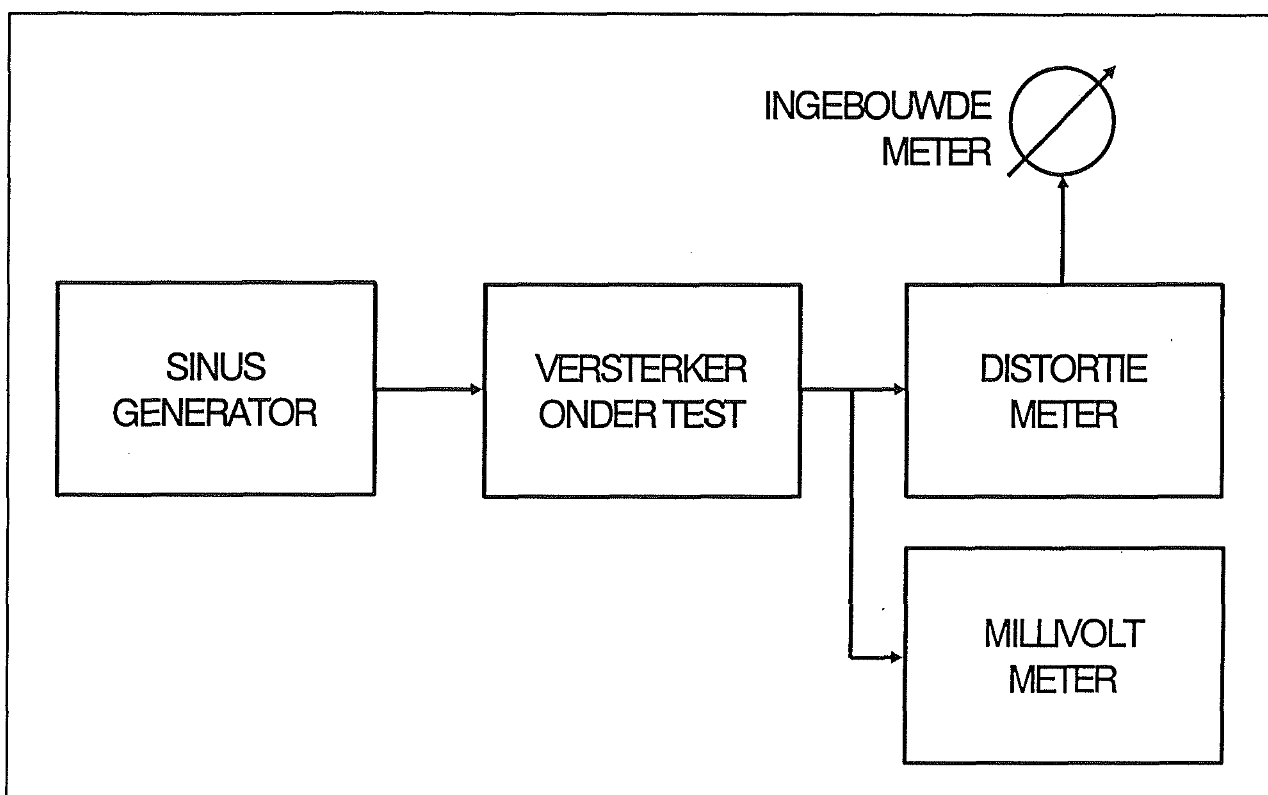
**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

uitgangsvermogen veel beter bepalen met de afgeleide formule:
$P_{effectief} = U_{effectief}^2 / R_{belasting}$
Een voorbeeld. Stel dat men een versterker belast met een dummy-weerstand van 4 Ω en over die weerstand een effectieve sinusspanning van 12 V meet. Dat kan met een analoge millivoltmeter, dergelijke apparaten geven de effectieve waarde van de gemeten spanning aan, als deze zuiver sinusvormig is.
Het effectieve uitgangsvermogen is dan:
$P_{effectief} = 12^2 / 4$
$P_{effectief} = 36$ W

**Nadere overwegingen**
Nu duidelijk is wat de enig technisch juiste manier is om het vermogen te berekenen moet men natuurlijk definiëren wat men verstaat onder ***maximaal*** vermogen. Ook hier is de verwarring groot.
Naast allerlei onzin-definities die uit commerciële overwegingen zijn verzonnen (de meeste mensen willen nu eenmaal grote vermogens) zijn er twee technische definities.
De eerste bepaalt het maximaal vermogen als dát vermogen dat in de belasting wordt gegenereerd als de versterker maximaal uitgestuurd wordt. De tweede definieert het maximaal vermogen als het vermogen dat ontstaat bij een bepaalde uitgangsspanning waarvan de harmonische vervorming onder een bepaalde gedefinieerde waarde blijft.
Omdat vervorming natuurlijk afhankelijk is van de frequentie wordt in de meeste gevallen ook nog eens de meetfrequentie opgegeven.
Een definitie van het maximaal vermogen als "100 W bij 1 kHz en 1 % vervorming" is dus een volledig betrouwbare definitie, omdat zij volledig in het laboratorium te reproduceren is.

**Meetprocédé bij bepaalde vervorming**
Het meten van het maximaal vermogen bij een bepaalde frequentie en een bepaalde maximale harmonische vervorming is een tijdrovende bezigheid. Het procédé is beschreven bij het paragraafje harmonische vervorming, zodat men de meetopstelling van figuur 3/8.1.9-31 maar iets moet aanpassen, zie figuur 3/8.1.9-36.
De oscilloscoop op de uitgang van de distortiemeter is niet per sé noodzakelijk, de millivoltmeter op de uitgang van de versterker natuurlijk wél.
Stel dat men het maximaal vermogen wil meten bij 1 % vervorming. Stel verder dat men zoveel vertrouwen in de versterker heeft dat men vermoed dat het apparaat bij een vermogen van 25 W minder dan 1 % vervormt. Men begint te meten bij 1 kHz en verhoogt de ingangsspanning tot de millivoltmeter het bij 25 W horende uitgangssignaal aangeeft. Deze waarde is uiteraard afhankelijk van de waarde van de belastingsweerstand. Nadien meet men de vervorming op de beschreven manier. Aan de hand van het resultaat van deze meting kan men bepalen of de veronderstelling klopte. Is de vervorming groter dan 1 %, dan moet men de meting herhalen met een kleinere ingangsspanning. Is de vervorming kleiner dan 1 % dan kan men de ingangsspanning verhogen.
Al met al een behoorlijk tijdrovende klus, dus!

**Belangrijke opmerking**
Denk er aan dat men na iedere verandering van de ingangsspanning de distortiemeter weer op 100 % moet afregelen! Vergeet men dit, dan heeft de aflezing op de meter van de distortiemeter geen enkele betekenis!




**Figuur 3/8.1.9-36:** Het blokschema voor het meten van het maximaal vermogen bij een bepaalde vervorming.

## Meten bij maximale uitsturing

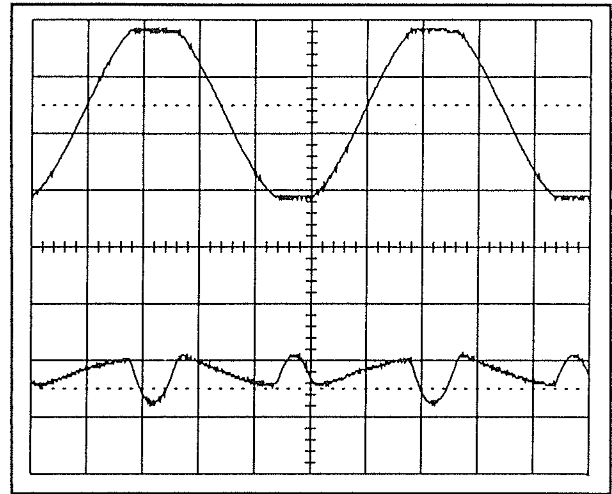
Wil men het maximale vermogen meten bij maximale uitsturing, dan moet men eerste definiëren wat er precies bedoeld wordt met "maximale uitsturing". Iedere goede eindversterker wordt tegenwoordig symmetrisch gevoed, bijvoorbeeld uit twee spanningen van +30 V en -30 V.
De uitgangstransistoren of -FET's hebben een vijftal volt nodig om goed te werken, zodat er op de uitgang een spanningsbereik beschikbaar is van +25 V tot -25 V. Als men de versterker maximaal uitstuurt, zal de sinus op de uitgang precies tussen die twee grenzen vallen. Voert men nu de ingangsspanning iets op, dan zou de sinus op de uitgang groter willen worden. Dat kan echter niet, omdat er eenvoudigweg te weinig spanning beschikbaar is. Het gevolg is dat de toppen van de sinus gaan afplatten, hetgeen in het bovenste oscillogram van figuur 3/8.1.9-37 wordt voorgesteld. In het onderste oscillogram is de vervorming op dit signaal getekend. Het zal duidelijk zijn dat het vervormingspercentage nu dramatisch stijgt, waarden van meer dan 10 % zijn geen uitzondering.

## Meetprocédé, maximale uitsturing

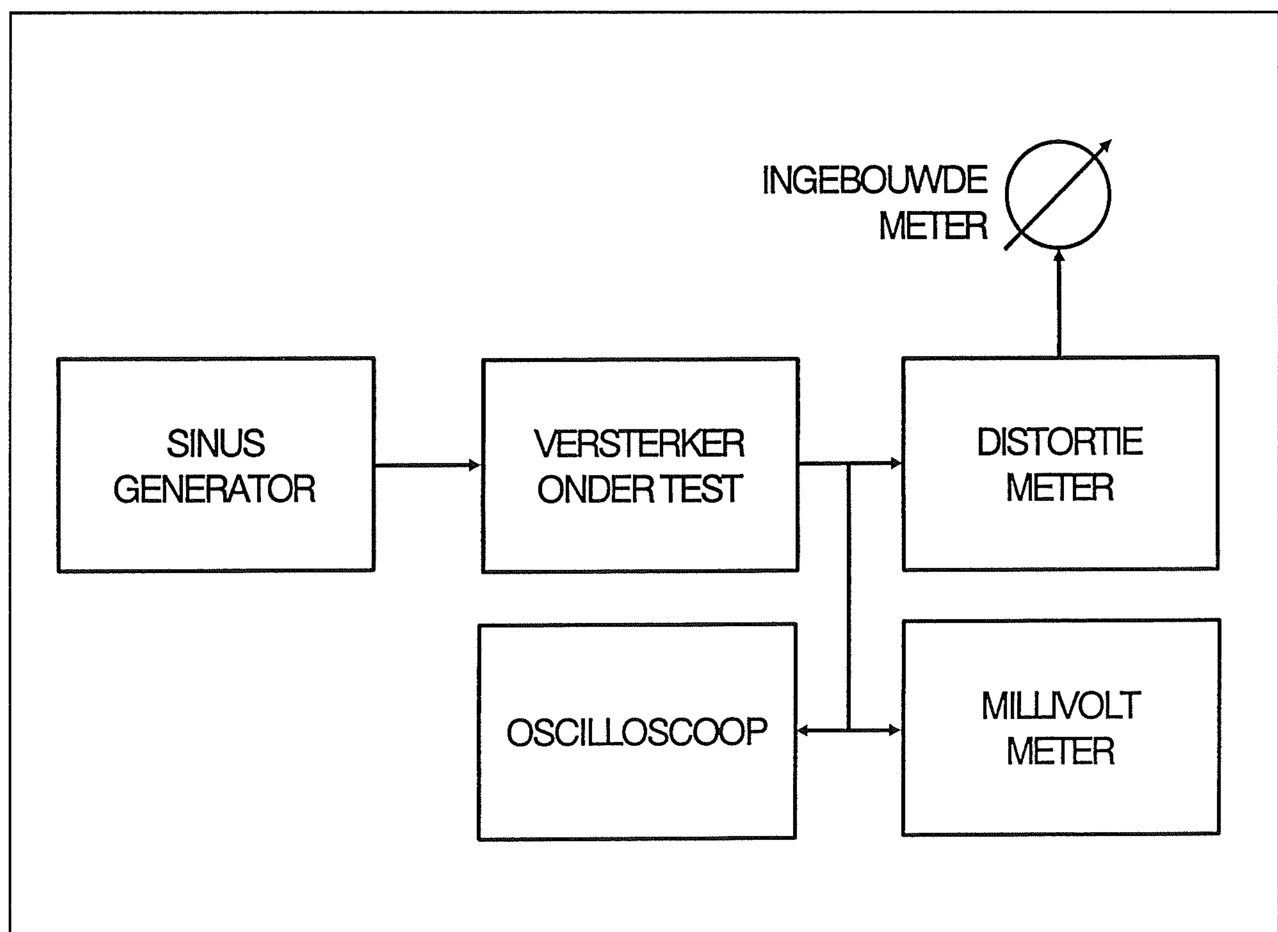
De meetsystematiek zal nu wel duidelijk zijn en is voorgesteld in figuur 3/8.1.9-38. De uitgang van de versterker wordt belast met een dummy-weerstand en de uitgangsspanning wordt gemeten met de millivoltmeter en geobserveerd met de oscilloscoop. Men zet de sinusoscillator op de gewenste frequentie en voert het ingangssignaal langzaam op tot de van figuur 3/8.1.9-37 bekende afplatting van de toppen van de sinus merkbaar wordt. Men vermindert de grootte van de ingangssinus iets en kan vervolgens op de

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

beschreven manier de vervorming meten. Uit de op de millivoltmeter afgelezen spanning kan men het maximaal vermogen bij maximale uitsturing berekenen. Men heeft dan zowel het vervormingspercentage als het maximaal vermogen bij de testfrequentie en kan de waarden weer in een grafiek verwerken.



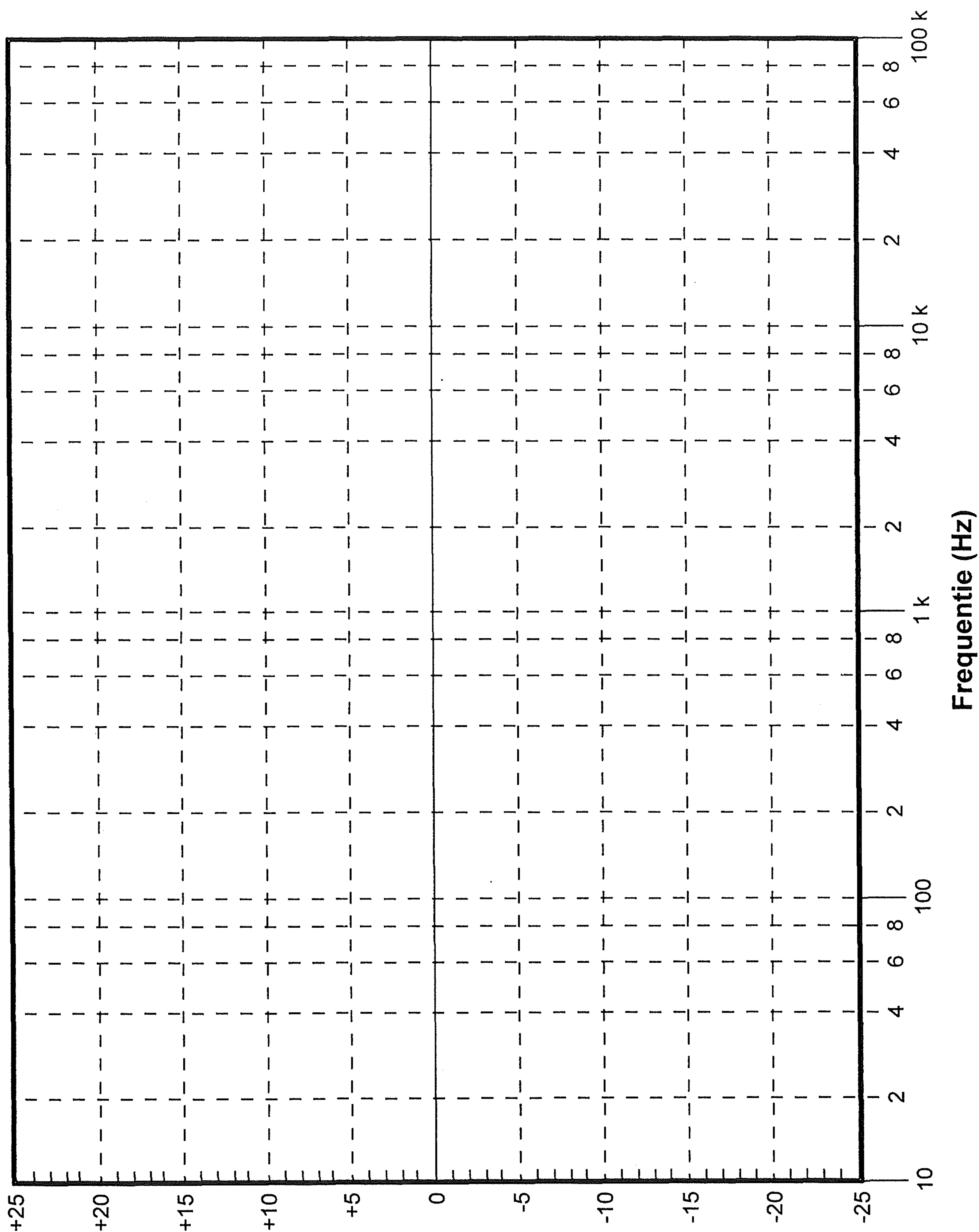
**Figuur 3/8.1.9-37:** Het bepalen van het punt waarbij een eindversterker maximaal wordt uitgestuurd.



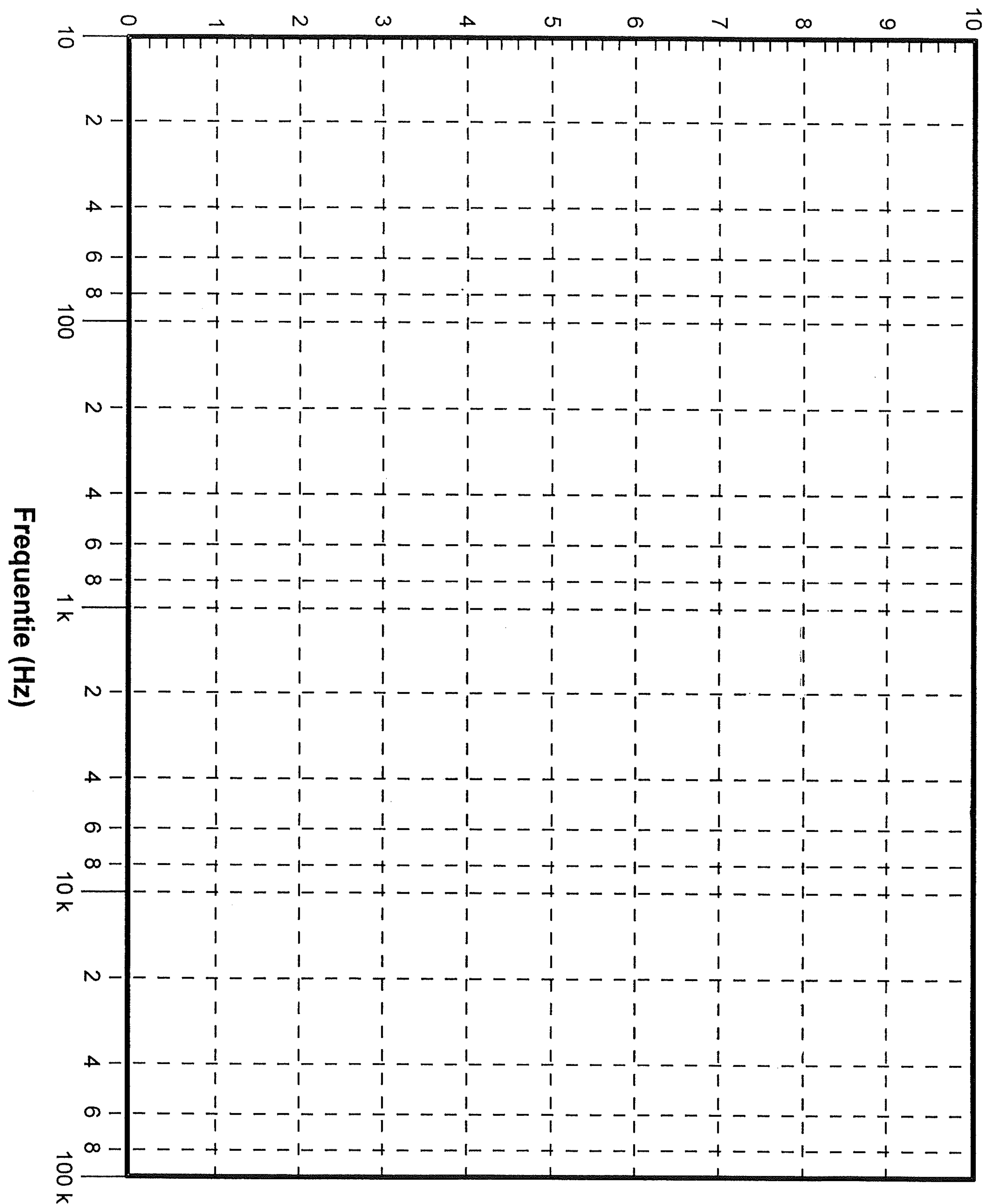

**Figuur 3/8.1.9-38:** Het meten van het uitgangsvermogen bij maximale uitsturing.

## 8.1 Grondbeginselen van de meettechniek

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**



## 8.1 Grondbeginselen van de meettechniek



# 3/8.1.10

# Principes van Boundary Scan Testing (BST)

## Inleiding

### De voorgeschiedenis

Naarmate elektronische schakelingen en apparaten ingewikkelder worden neemt het testen van de gefabriceerde printen of apparatuur steeds meer tijd in beslag.
De volledige test-cyclus kan in vier stappen ingedeeld worden:
- het testen van de onderdelen;
- het testen van de printen;
- het testen van het eindproduct;
- het testen bij de service van geleverde, maar niet meer goed werkende systemen.

### Het testen van de onderdelen

In de meeste gevallen gaat het hierbij om het stuk na stuk, dus individueel, testen van ingewikkelde geïntegreerde schakelingen in VLSI-technologie. Hiervoor zijn speciale test-automaten ontwikkeld, die de "kale" chip bevoelen met tientallen uiterst fijne naaldjes. Deze maken rechtstreeks contact met de geleiders op de chip. Nadien worden speciaal geschreven test-programma's gedraaid, die worden geëvalueerd op speciale computergestuurde meetapparatuur.
Door de steeds verder stijgende mate van integratie en miniaturisatie wordt het testen met deze systemen echter steeds problematischer. Spoorbreedtes in een chip van minder dan 1 µm zijn geen uitzondering meer, hetgeen tot gevolg heeft dat aan het positioneren van de testpennen zeer hoge eisen worden gesteld.
Groot nadeel is bovendien en uiteraard dat voor iedere andere chip een volledig nieuwe opstelling van de testpennen moet worden gemaakt, hetgeen vanwege de kleine toleranties een zeer tijdrovende bezigheid is.

### Het testen van de printen

Nadat alle onderdelen zijn samengevoegd tot een print, moet deze ook weer getest worden. Ook hiervoor worden soortgelijke testsystemen gebruikt, de zogenoemde "naaldbed"-testers. De print wordt op een bed van naalden gelegd, waarbij de naalden zo geplaatst zijn dat zij contact maken met alle belangrijke in- en uitgangen op de koperbanen van de print. Ook hierbij geldt als nadeel dat voor iedere nieuwe soort print een volledig nieuwe opstelling van de naalden moet worden gemaakt. De testsystemen werken uiteraard softwaregestuurd en voeren volledig automatisch een hele reeks testen uit. Maar ook hier stelt de moderne technologie problemen. Bij ingewikkelde schakelingen worden meerlaags printen gebruikt, waarbij de printsporen vaak niet breder zijn dan 0,1 mm! Ook nu wordt het steeds tijdrovender om het naaldenbed op maat van een serie printen te positioneren.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

## Het testen van het eindproduct

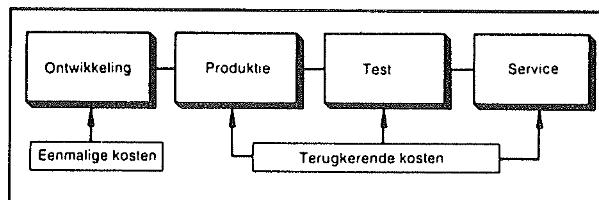
Nadat alle geteste printen tot één apparaat of systeem zijn samengebouwd, moet de onderlinge werking uiteraard weer getest worden. Hiervoor worden logische analysers, scope's en universeelmeters gebruikt, die op het apparaat of op delen ervan worden aangesloten en die door een meet-bus met elkaar en met een computer verbonden zijn. Door de compacte bouw van moderne apparatuur is het aansluiten van alle test-probes een tijdrovend werk, een werk dat zelfs meer tijd kost dan het automatisch doorlopen van de gehele test-cyclus.

## Het testen van geleverde, maar niet meer goed werkende apparatuur

Service-technici worden in toenemende mate geconfronteerd met zeer ingewikkelde elektronica, die bij de gebruiker moet worden nagekeken. Ook hiervoor worden meetapparaten gebruikt en het is dus noodzakelijk de apparatuur open te slopen, de meet-probes op de goede punten te plaatsen, de juiste signalen toe te voeren en de juistheid van de gemeten respons te interpreteren. Vaak is de service-technicus meer tijd kwijt met het bestuderen van de voorgeschreven testprocedures en het interpreteren van de meetresultaten, dan met de eigenlijke metingen zelf!

## Besluit

Het testen neemt dus een steeds belangrijker plaats in bij de gehele elektronica-industrie. Bovendien zijn de testkosten, zoals duidelijk blijkt uit het schematisch overzicht van figuur 3/8.1.10-1, steeds terugkerende kosten per geleverd product, waartegen de ontwikkelingskosten vaak in het niet vallen. Deze zijn immers eenmalig.




**Figuur 3/8.1.10-1:** De voor ieder geleverd product terugkerende kosten van alle testen zijn een vaak grotere onkostenpost voor de fabrikant dan de eenmalige ontwikkelingskosten.

## Een Philips initiatief

Dat de kosten voor het testen steeds meer uit de hand zouden gaan lopen was reeds in de jaren '80 voor de wereldwijde elektronica industrie duidelijk. Men berekende toen al dat tegen het jaar 2000 de totale testkosten van een apparaat wel eens 90 % van de totale productiekosten zouden kunnen uitmaken! Een niet meer werkbare situatie en dus werd naar alternatieven gezocht.

Philips nam het initiatief om tot een geheel nieuwe testbenadering te komen en organiseerde in november 1985 in Eindhoven een congres, waarop de belangrijkste elektronica producenten van Europa werden uitgenodigd. Philips had intern uiteraard al de nodige experimenten uitgevoerd en kon dan ook een vrijwel uitgewerkt revolutionair idee aan de confraters voorleggen. Dat idee werd door iedereen zo goed ontvangen dat er besloten werd een Europees comité op te richten, dat de naam *"Joint European Test Action Group"* kreeg, afgekort tot JETAG. Doelstelling van dit comité was de voorstellen van Philips op zo kort mogelijke termijn uit te werken tot in ieder geval een Europese standaard voor het testen van componenten, printen en systemen. Het systeem moest zo flexibel zijn dat, als het aan de orde was, flexibel ingespeeld kon worden

op nieuwe technologische ontwikkelingen.

**De JETAG-ideeën**

Het principe van het door Philips voorgestelde idee was dat ieder nieuw te ontwikkelen IC enige extra aansluitingen zou krijgen, waardoor het mogelijk was dat IC volledig softwarematig gestuurd te testen. Door bovendien een soort lus te maken, die door alle IC's op een print zou lopen, kon men met dezelfde software niet alleen de individuele IC's op de print testen, maar ook de werking van de volledige print onderzoeken. Zou men deze test-lus bovendien door alle printen van een apparaat of systeem aanbrengen, dan zou men in staat zijn via een klein teststekkertje op de achterzijde van een apparaat alle elementen van zo'n apparaat uitgebreid te testen zonder het apparaat te moeten open slopen of zonder ook maar één meet- of testpen ergens op aan te sluiten. Uiteraard moest er dus een standaard ontwikkeld worden, waar niet alleen alle Europese IC-fabrikanten zich aan zouden moeten houden, maar ook alle ontwerpers van printen, apparaten, meetapparatuur en systemen.

**JTAG-BST**

Uiteraard was ook de Amerikaanse en Japanse industrie bekend met de problematiek. Maar blijkbaar vond iedereen het idee van Philips zo revolutionair dat grote Amerikaanse merken als Motorola, IBM, Texas Instruments en National Semiconductor aansluiting zochten (en uiteraard van harte vonden) bij het JETAG-comité. De naam werd veranderd in "JTAG", het ***"European"*** verdween dus uit de naam!
Het door Philips voorgestelde idee kreeg de naam ***"Boundary Scan Testing"***, afgekort tot "BST".

De ontwikkelingen gingen nu erg snel. Onder leiding van British Telecom, de Engelse PTT, werd een technisch comité opgericht en onder leiding van Philips een plenair comité.
Beide commissies kwamen in februari 1990 met een aanbeveling, die zowel door de IEEE en de ANSI als internationale test-standaard werd aanvaard. De nieuwe test-technologie wordt vanaf dat moment "BST" genoemd, of "JTAG" of "JTAG-BST".

# Het principe van BST

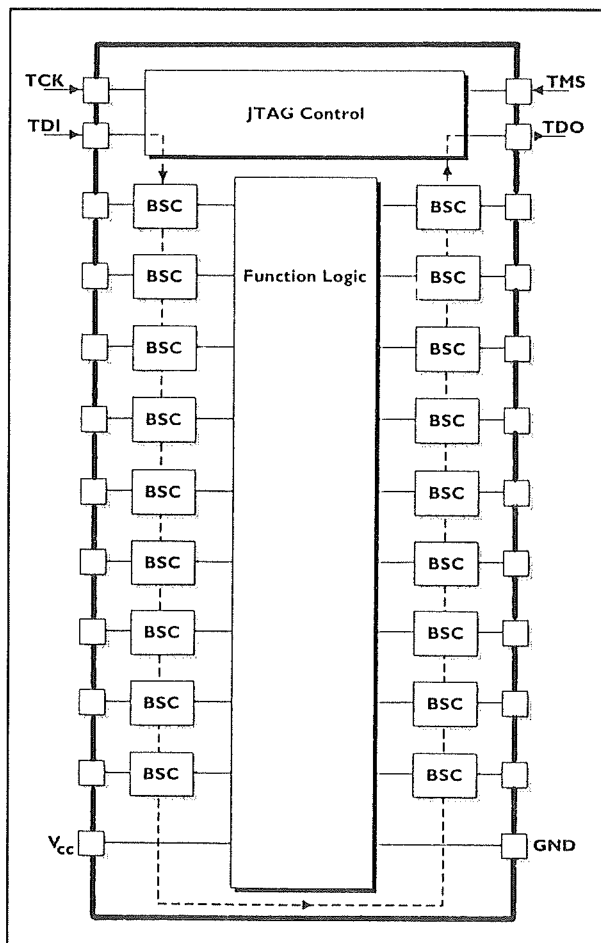
**Het principe op IC-niveau**

Het principe van BST gaat terug tot het meest fundamentele niveau dat men zich kan voorstellen, namelijk dat van de IC's. IC's die voldoen aan de BST-standaard hebben vier extra pennen en een heleboel extra elektronica op de chip. Het basis-idee is voorgesteld in figuur 3/8.1.10-2.
De vier extra pennen hebben gestandaardiseerde benamingen:

- TCK:
  Dit is de "Test Clock" en deze ingang wordt gestuurd met een klokpuls die het gehele test-gebeuren moet synchroniseren. Deze ingang is ook verantwoordelijk voor het synchroon serieel inlezen van de test-software via de TMS-pen.
- TMS:
  Deze ingang is de "Test Mode Select" en via deze ingang wordt het gehele test-gebeuren gestuurd. Deze ingang wordt geladen met seriële woorden die op het ritme van de TCK-klok in het IC worden ingelezen. De samenstelling van het woord selecteert een IC dat

getest moet worden, stelt de in- en uitgangen op non-actief als dat moet en voert een test-procedure uit.

- TDI:
  Dit is de "Test Data Input" en dit is de ingangspen van de BST-lus die niet alleen in het IC, maar in een geheel systeem gevormd kan worden. De TDI wordt aangesloten op de TDO van een vorig in de lus opgenomen IC of op de ingang van het test-systeem.
- TDO:
  Dit is uiteraard de "Test Data Output" en deze pen wordt gebruikt voor het sluiten van de lus naar het volgende IC of naar de uitgang van het systeem.




**Figuur 3/8.1.10-2:** Het basis-schema van een IC volgens de BST-standaard.

### De TAP- of JTAG-controller

Ieder IC dat voldoet aan de JTAG-norm moet voorzien zijn van een zogenoemde "TAP-controller", afkorting van "Test Acces Port". Deze poort wordt ook wel eens JTAG-controller genoemd.
De TAP is een intelligente schakeling, die aan de hand van de samenstelling van het seriële woord dat via de TMS-pen wordt ontvangen uitmaakt wat het test-systeem van het IC verlangt.
Een eerste functie van de TAP-controller is te onderzoeken of het eigen IC wordt aangesproken. Ieder JPEG-IC krijgt een unieke code mee van de fabrikant en het is de eerste taak van de TAP om te controleren of het ontvangen seriële woord overeen komt met de in ROM opgeslagen identificatie-code. Is dat het geval, dan zal de TAP-controller reageren op de eerstvolgende woorden die worden verzonden. Het IC "weet" dan dat deze woorden voor zichzelf bestemd zijn!
De volgende woorden die via de TMS worden aangeboden bepalen welke actie de TAP moet ondernemen.
Zo kan het zijn dat het woord verzoekt om alle in- en uitgangen van het IC in tri-state te schakelen, zodat het net lijkt of het IC niet meer in het systeem aanwezig is.
Maar het TMS-woord kan bijvoorbeeld ook aan de TAP-controller vragen bepaalde signalen op bepaalde ingangen van het IC te zetten en bepaalde uitgangssignalen samen te vatten tot een serieel woord dat via de TDO-pen in de lus wordt ingevoerd.

### De BSC-cellen

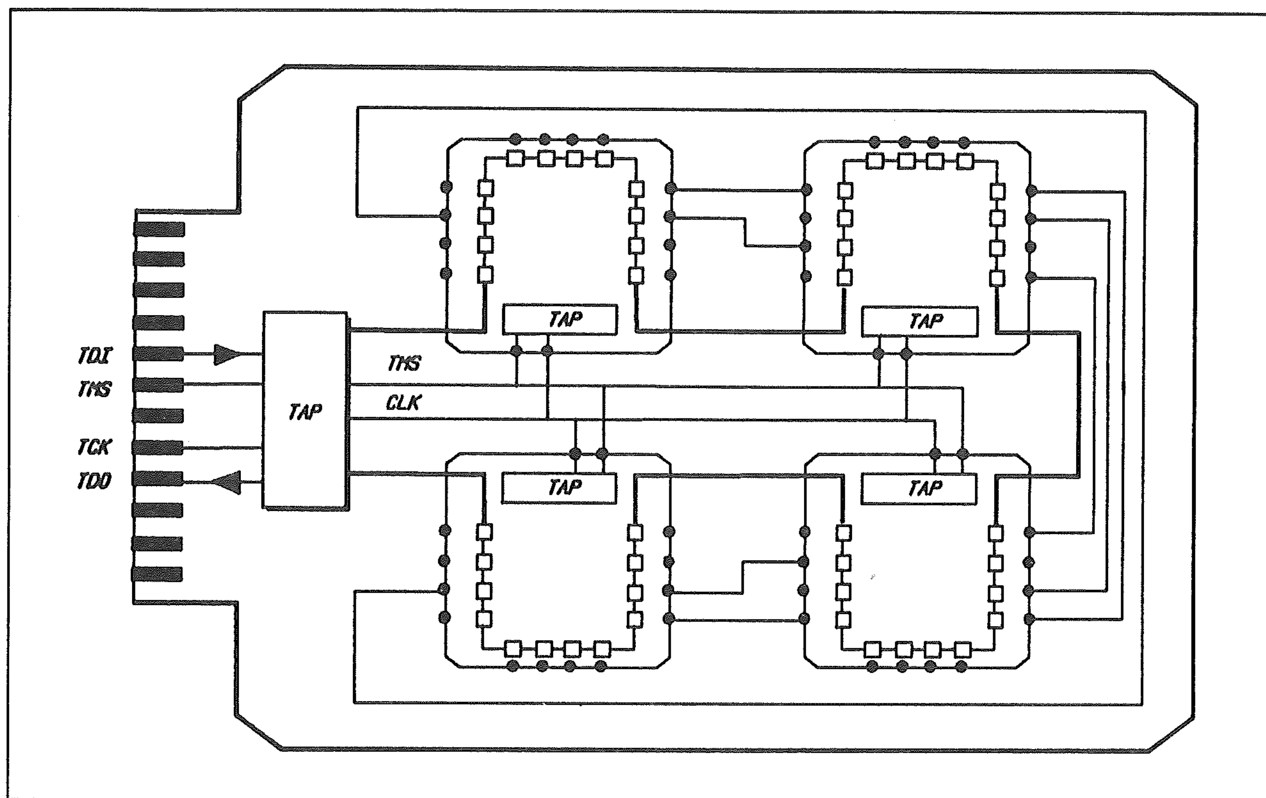
Een tweede belangrijke eigenschap van JTAG-compatibele IC's is dat de in- en uitgangen van de chip niet rechtstreeks verbonden worden met de pennetjes van het IC. Tussen iedere pen en iedere in- of uitgang van de chip wordt een zogenoem-

de "BSC" opgenomen. Dit is de afkorting van "Boundary Scan Cell" en deze cellen zorgen ervoor dat signalen op de ingangen van de chip kunnen worden gezet en signalen van de uitgangen van de chip kunnen worden afgelezen.
De BSC's zijn onder de vorm van een schuifregister is serie geschakeld tussen de TDI- en de TDO-pennen van het IC.
In de normale RESET-conditie van de TAP-controller zijn alle BSC's volkomen doorzichtig. Het lijkt dan net alsof deze cellen niet aanwezig zijn, met als gevolg dat de in- en uitgangen van de chip gewoon met de pennen van het IC worden doorverbonden. Het IC werkt dus alsof het nog nooit gehoord heeft van BST! Dat is de normale toestand van het systeem en de gebruiker merkt op dat moment in feite niet dat er iets speciaal met de IC's in de schakeling aan de hand is. Alle IC's werken volgens de door hun eigen logica voorgeschreven manier.

### Het BST-principe op print-niveau

Dank zij het schuifregister van de BSC-cellen en de twee pennen TDI en TDO kan men het BST-principe eenvoudig op print-niveau toepassen. De enige voorwaarde is dat alle op de print toegepaste IC's voldoen aan de JTAG-standaard. Het principe is geschetst in figuur 3/8.1.10-3.
Alle TCK- en TMS-aansluitingen van de IC's worden parallel verbonden met de gelijknamige uitgangen van een speciaal IC, de TAP. De TDI- en TDO-aansluitingen van alle IC's worden in serie geschakeld, zodat een lus ontstaat die alle IC's op de print doorloopt. Het begin en het einde van de lus gaan naar het speciale TAP-IC, hetgeen weer via vier aansluitingen in verbinding staat met vier pennen van de rand-connector van de print. Op deze manier kan men via de externe TMS-aansluiting van de print alle IC's afzonderlijk adresseren, alle IC's afzonderlijk testen, maar ook tests uitvoeren op print-niveau.
Zoals reeds eerder beschreven is het mogelijk via speciale controle-woorden alle BSC-cellen in tri-state te schakelen. Het lijkt dan net of alle IC's uit hun voetjes verwijderd zijn. Door nu op te dragen dat een IC een van zijn BSC-cellen uit tri-state haalt en een logische "H" op de bijbehorende pen te zetten kan men een "H" op het printspoor zetten waarop deze pen is aangesloten. Vervolgens kan men met controle-woorden alle IC's die een verbinding hebben met dit printspoor opdragen om te controleren of de BSC-cel die op dit printspoor is aangesloten inderdaad een "H" ontvangt. Is dat bij alle IC's het geval, dan is het printspoor in orde en kan men een volgende test uitvoeren. Is er een IC dat geen "H" op de ingang van de BSC-cel aantreft, dan kan men veronderstellen dat ergens in het printspoor een onderbreking zit. Door middel van intelligente software kan het test-systeem nu zélf gaan zoeken waar die onderbreking zit. Het volstaat immers via controle-woorden bepaalde uitgangen van IC's "H" te maken en de loop van dit signaal door de print te volgen.
Men kan, alweer via intelligente software, alle IC's op één na naar tri-state sturen en nadien dat ene overblijvende IC volledig gaan testen. Doordat alle overige IC's in tri-state staan zullen zij de resultaten van de metingen en tests op geen enkele manier kunnen beïnvloeden. De test-resultaten van een dergelijke test worden door de IC-eigen TAP-controller via de BSC-cellen op de seriële lus gezet en kunnen via de externe TDO-uitgang door het meetsysteem worden uitgelezen en geëvalueerd.

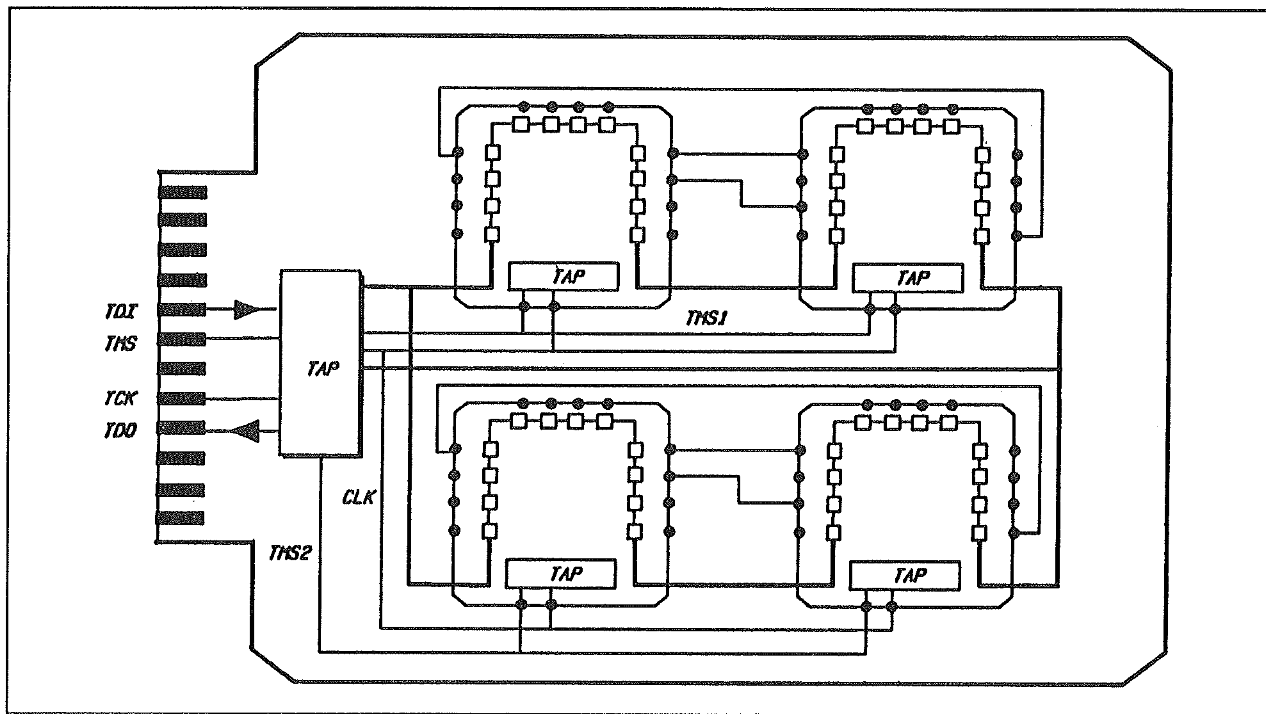
**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**




**Figuur 3/8.1.10-3:** Het BST-principe op print-niveau.

Bij ingewikkelde printen is het mogelijk diverse lussen te maken, zoal voorgesteld in figuur 3/8.1.10-4. De TMS-ingang van de print wordt dan door het TAP-IC opgesplitst in twee TMS-signalen, respectievelijk TMS1 en TMS2. Het TMS1-signaal stuurt de IC's die opgenomen zijn in de ene lus, het TMS2-signaal de IC's die opgenomen zijn in de tweede lus. De lussen kunnen parallel worden geschakeld. De software zorgt er immers voor dat nooit twee tests op het zelfde moment worden uitgevoerd.
Het grote voordeel van het BST-systeem is dat ook nu slechts vier signalen noodzakelijk zijn voor het testen van de gehele print.

**Het BST-principe op systeem-niveau**
Het zal nu wel zonder nadere toelichting duidelijk zijn dat men het BST-systeem zonder enig probleem kan uitbreiden naar systeem-niveau. Het volstaat immers de TDI- en TDO-aansluitingen van alle printen weer in een lus op te nemen, alle printen van het systeem te sturen met de test-klok via TCK en via een TAP-controller op systeem-niveau de seriële woorden naar de diverse TMS-lijnen van de printen te versturen. Door de seriële systeemlus worden alle meetresultaten keurig aangeboden op de TDO-uitgang van het systeem.
Gelijk welk apparaat, hoe ingewikkeld ook, kan dus volledig getest worden door op de achterzijde van de behuizing een gestandaardiseerde BST-connector te monteren, die maar vijf polen nodig heeft.
Naast de vier BST-signalen moet men immers uiteraard beschikken over de massa van het systeem.




**Figuur 3/8.1.10-4:** Het splitsen van de print in twee afzonderlijke lussen door middel van de introductie van twee TMS-signalen.

## BST met oude IC's

Het zal duidelijk zijn dat het nog lang zal duren alvorens van alle tienduizenden bestaande IC's nieuwe versies verschijnen die zijn voorzien van de vier extra BST-pennen.

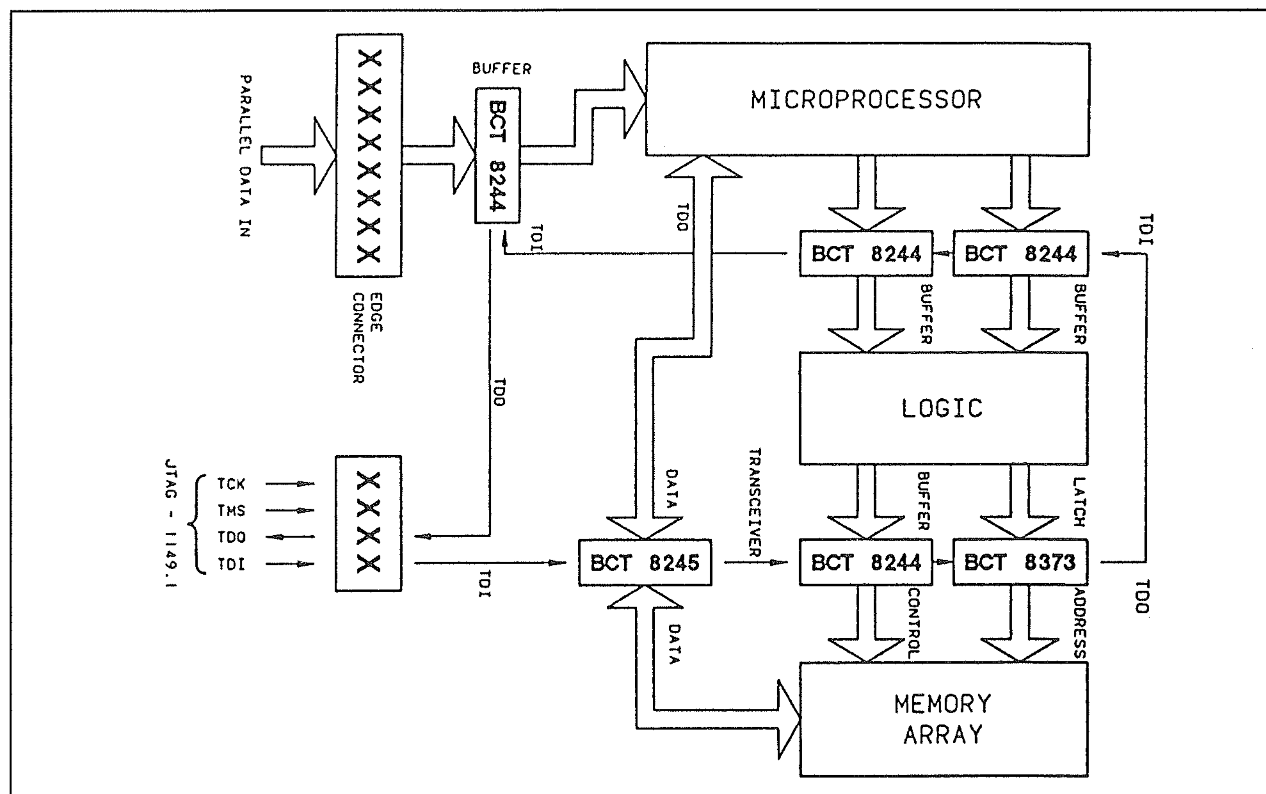
Toch gaan de ontwikkelingen razend snel! Zo leveren diverse IC-fabrikanten reeds nu nieuwe serie's TTL-IC's met BST-architectuur. Intel heeft van de 50 MHz versie van zijn i80486DX processor een nieuwe versie uitgebracht met BST-aanvullingen.

Maar, hoe dan ook, het zal duidelijk zijn dat er niet van alle IC's BST-versies zullen verschijnen. Dat is ook niet noodzakelijk, want het is heel goed mogelijk "traditionele" IC's op te nemen in een print die getest kan worden met BST. Hoe dat in zijn werk gaat is getekend in figuur 3/8.1.10-5. Het systeem is opgebouwd uit een microprocessor, een logica-blok en een geheugen.

In de verbindingen tussen deze drie blokken worden speciale bidirectionele poorten opgenomen. Deze zijn voorzien van BST-logica en worden onder andere door Texas Instruments op de markt gebracht. Deze speciale BCT-schakelingen worden uiteraard voorzien van de BST-lus, de BST-klok en het TMS-signaal. Door het tussen schakelen van deze buffers kan men nu toch het gehele systeem testen. Weliswaar kan dat testen nu niet gebeuren op IC-niveau, maar in ieder geval op systeem-niveau.

Door de juiste instructies naar de buffers te sturen kan men immers bijvoorbeeld de microprocessor volledig isoleren. Nadien, alweer door via instructies aan de ingangen van de processor signalen te leggen via de BSC-cellen van de buffers, kan men de werking van de processor controleren. Hetzelfde geldt voor de overige blokken van het systeem.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**



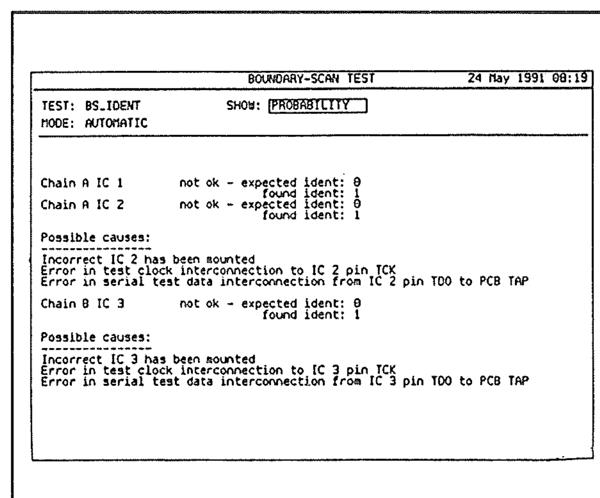

**Figuur 3/8.1.10-5:** Het BST-principe toegepast in systemen met "traditionele" IC's.

# De BST-testers

### Intelligente software

Door verschillende fabrikanten, waaronder Fluke, worden intelligente BST-testers aangeboden. Deze worden via een vijfpens verbinding met de print of het systeem verbonden. Voor ieder systeem wordt door de systeem-fabrikant een uitgebreide test-software geschreven. Het volstaat nu deze software in de tester te laden.

Nadien zal de tester het systeem volledig automatisch en zeer snel testen. De meeste testers zijn uitgerust met een beeldscherm, waarop foutmeldingen verschijnen. In figuur 3/8.1.10-6 is als voorbeeld een dergelijk scherm weergegeven. Hieruit blijkt dat de software in staat is de tester suggesties aan de hand te doen wat betreft de oorzaken van het niet functioneren van het systeem en zelfs defecte onderdelen aan te wijzen.




**Figuur 3/8.1.10-6:** Het scherm dat een intelligente BST-tester aan de gebruiker aanbiedt.

# 3/8.1.11

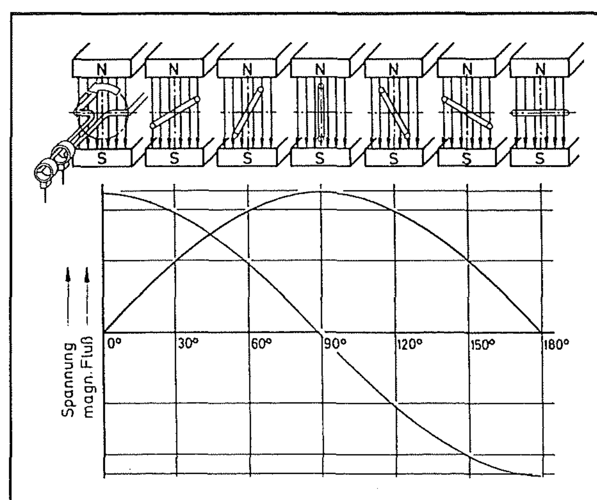
# Het meten van faseverschuivingen

## Theorie

**De sinusvormige spanning**

Alvorens de methoden beschreven kunnen worden die in gebruik zijn voor het meten van faseverschuivingen is het noodzakelijk het begrip "fase" te definiëren. Hiervoor moet men terug naar de basis van de elektriciteitsleer. Zoals bekend bestaat de zuiverste vorm van een wisselspanningssignaal uit een vorm, sinus genoemd, die volledig wiskundig te beschrijven is.

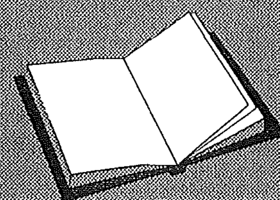
Die sinusspanning wordt opgewekt in een generator, zie figuur 3/8.1.11-1, een apparaat waarin een spoel rond draait in een behuizing die een permanente magneet bevat. De spoel wordt dus getroffen door een magnetisch veld dat voortdurend van grootte varieert. Het gevolg is dat in de spoel een sinusvormig verlopende wisselspanning wordt gegenereerd. De momentele grootte van deze spanning is afhankelijk van de verdraaiingshoek van de spoel. Dat is logisch, want er zijn bepaalde standen van de spoel, waarin de magnetische flux door de spoel nul is. In andere standen van de spoel zal de magnetische flux door de spoel maximaal zijn. De in de spoel gegenereerde spanning zal des te groter zijn, naarmate de rond draaiende spoel een grotere fluxverandering ondergaat.



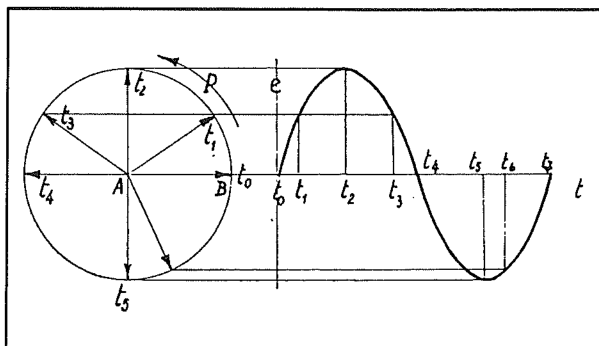

**Figuur 3/8.1.11-1:** Het ontstaan van een sinusvormige spanning in een in een magneetveld rond draaiende spoel.

Uit de tekening zal duidelijk zijn, dat de fluxverandering in de spoel het grootst is op het moment dat de spoel loodrecht (dus onder een hoek van 90°) op het

**LEES OOK:**
Hoofdstuk 3/2.10
Hoofdstuk 3/2.11
Hoofdstuk 3/8.1.9



magneetveld staat. Daar is de magnetische flux immers gelijk aan nul en bij de minste of geringste verdraaiing van de spoel is de fluxvariatie dus het grootst.
In de tekening is de situatie geschetst als de spoel een halve omwenteling maakt. Als de spoel de tweede halve omwenteling maakt, zal er een gelijkvormige spanning worden gegenereerd. Omdat nu echter de polen omgewisseld zijn, zal de spanning een negatief verloop hebben. Het resultaat van een volledige omwenteling van de spoel in het magnetisch veld is getekend in figuur 3/8.1.11-2.

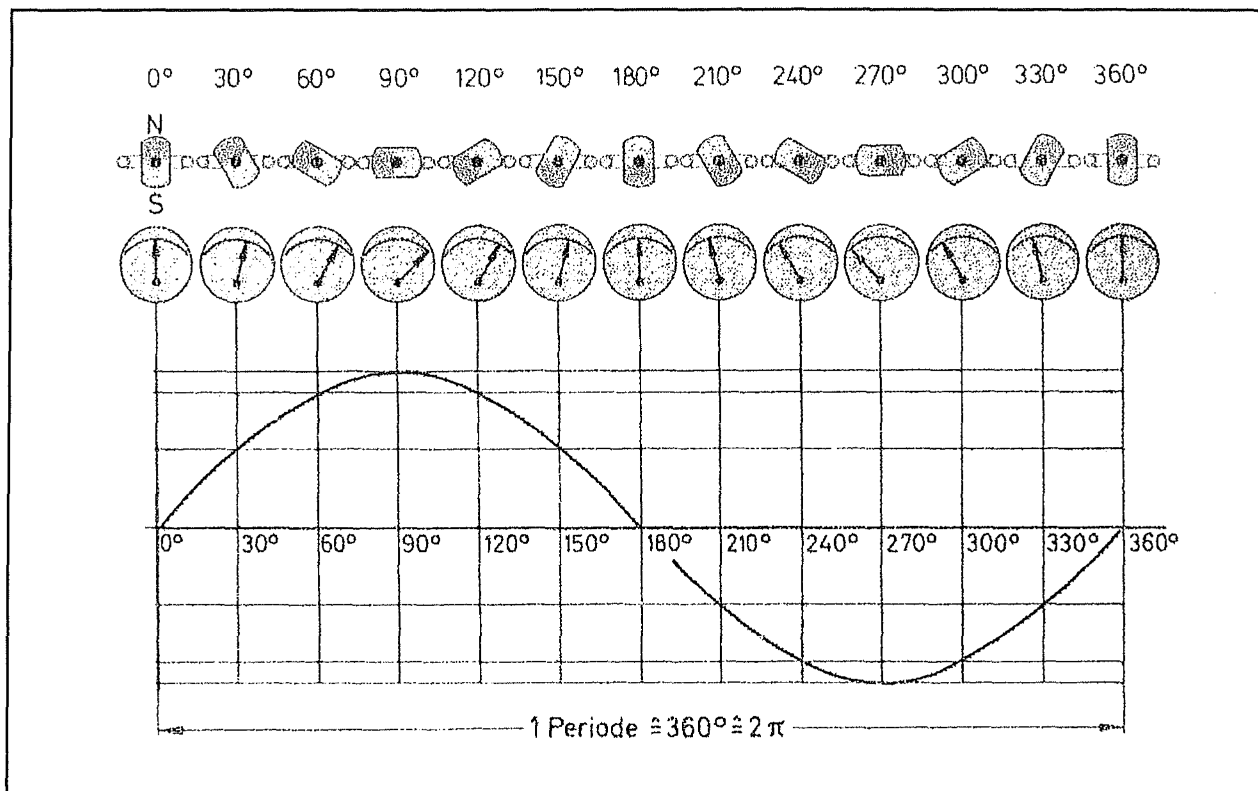



**Figuur 3/8.1.11-2:** Het ontstaan van een volledige periode van een sinusvormige wisselspanning.

Deze volledige spanningscyclus noemt men de ***periode*** van het sinusvormige signaal. Het aantal perioden per seconde is de ***frequentie*** van het signaal.
Men kan nu, aan de hand van de theoretische elektriciteitsleer, aantonen dat de momentele grootte van deze spanning gegeven wordt door de formule:
$U_{momenteel} = U_{maximaal} * \sin\alpha$
Hierbij staat de Griekse letter $\alpha$ (alfa) voor de hoekverdraaiing van de spoel.
Zoals bekend wordt een cirkel ingedeeld in 360 graden. Het zal dus logisch zijn dat men ook de periode van een sinusvormig signaal indeelt in 360°. Dan, immers, kan men de momentele waarde van de spanning berekenen door de maximale waarde te vermenigvuldigen met de sinus van de hoek. Hoe die graden-verdeling van één periode er uit ziet is getekend in figuur 3/8.1.11-3. Uit de figuur blijkt dat de momentele waarde van een sinusvormige spanning gelijk is aan nul bij een hoek van 0°, 180° en 360°. Die 360° komt uiteraard overeen met de 0° van de volgende periode van het signaal. De sinus bereikt een maximale positieve waarde, die de ***amplitude*** wordt genoemd bij een draaihoek van 180° en een even grote maar negatieve waarde bij een hoek van 270°.

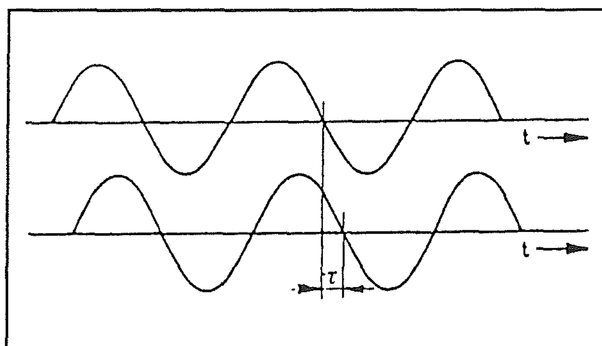
**Fasehoek**
Het tijdverschil tussen de nuldoorgang van een sinusvormig signaal en het moment waarop de spanning een bepaalde waarde heeft wordt de ***fasehoek*** genoemd. Dit tijdverschil wordt uitgedrukt in hoekgraden (°) en de schaal ontstaat door een periode van het signaal in te delen in 360 hoekgraden. Door middel van het begrip fasehoek kan men ook de tijdsrelatie tussen twee signalen met dezelfde frequentie definiëren. Als men zegt dat er tussen de in- en de uitgangsspanning van een versterker een fasehoek van 90 ° bestaat, kan men daaruit afleiden dat de ene spanning door nul gaat op het moment dat de andere spanning haar maximale positieve waarde heeft bereikt (dit voorbeeld geldt alleen bij sinusvormige spanningen!). De fasehoek wordt meestal voorgesteld door $\tau$ (Griekse letter tau), eenheid die de tijdverschuiving tussen twee signalen in aantal hoekgraden definieert. De fasehoek wordt gemeten, zie figuur 3/8.1.11-4, door het tijdverschil te meten tussen de nuldoorgangen van beide signalen en dit te refereren naar de periodeduur.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**




**Figuur 3/8.1.11-3:** De verdeling van een periode van een sinusvormige spanning in 360°.

De volledige periode komt overeen met 360 °, door de verhouding te berekenen tussen de periode en het genoemde tijdverschil kan men dit laatste omrekenen naar een aantal hoekgraden.




**Figuur 3/8.1.11-4:** De definitie van het begrip fasehoek grafisch toegelicht.

## Faseverschuiving

Met *faseverschuiving* wordt het verschijnsel gedefinieerd dat er een tijdverschuiving kan optreden tussen het ingangssignaal van een schakeling en het uitgangssignaal van de schakeling. In principe geeft het begrip faseverschuiving dus een andere definitie voor fasehoek. Toch bestaat er een interpretatie-verschil tussen beide uitdrukkingen. Een fasehoek ontstaat doordat er op de een of andere manier tussen twee signalen een faseverschuiving optreedt. De verschuiving definieert dus het verschijnsel, de hoek geeft aan dat verschijnsel een berekenbare waarde door er een bepaald aantal graden aan te koppelen.

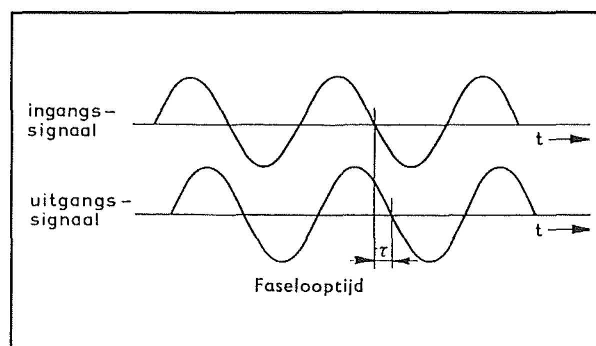
## Het ontstaan van faseverschuivingen

Faseverschuivingen zijn een groot probleem in de elektronica. Men heeft er in iedere analoge schakeling wel op de een of andere manier mee te maken. De vraag die beantwoord moet worden is hoe die

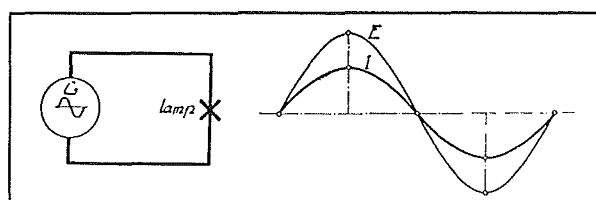
verschuivingen ontstaan. Daar zijn verschillende oorzaken voor, waarvan de voornaamste nu even toegelicht worden.

**Looptijden**
Niets in het universum gaat traagheidsloos! Volgens Einstein en alle moderne natuurkundigen bestaat er in het heelal een maximale snelheid, die niet overschreden kan worden. Die maximale snelheid bedraagt ongeveer 300.000 km/s, de snelheid van elektromagnetische golven in het luchtledige. Ook in elektronische schakelingen verloopt dus niets traagheidsloos. Als men op een bepaald tijdstip $t_1$ een spanning aan de ingang van een schakeling legt dan zal het gevolg zijn dat er allerlei stromen door de kringen van de schakeling gaan lopen. Die stromen wekken dan weer een spanning op, die van de uitgang van de schakeling afgetakt kan worden. Het ontstaan en het vloeien van deze stromen gaat echter niet traagheidsloos. Men definieert dit verschijnsel door het begrip ***looptijd*** in te voeren. De looptijd is de tijd die verstrijkt tussen het aanleggen van een spanning op de ingang ($t_1$) en het verschijnen van de spanning op de uitgang ($t_2$). Het gevolg van die looptijd is dat er een faseverschuiving ontstaat tussen het signaal op de ingang en het signaal op de uitgang. Dit is grafisch voorgesteld in figuur 3/8.1.11-5.

**Faseverschuivingen door C en L**
De aanwezigheid van condensatoren en spoelen in schakelingen is een tweede belangrijke oorzaak van het ontstaan van faseverschuivingen. Om dit te verklaren moet men weer terug naar de theoretische elektriciteitsleer. Als men, zoals getekend in figuur 3/8.1.11-6, een sinusspanning aansluit over een zuiver Ohmse belasting, bijvoorbeeld een gloeilamp, dan zal er door die belasting een stroom gaan lopen. Omdat de spanning sinusoidaal verloopt is het logisch dat ook de stroom sinusoidaal verloopt. Verder is het logisch dat de momentele waarde van de stroom nul wordt op het moment dat de momentele waarde van de spanning nul wordt. Men zegt dan ook dat bij zuiver ohmse belastingen de spanning en de stroom ***in fase*** zijn. Er bestaan dus geen faseverschuivingen in de kring.



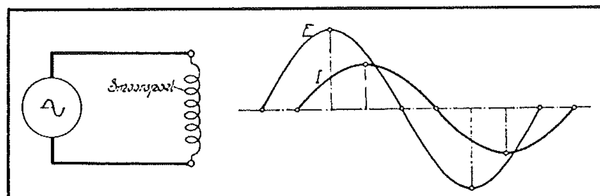

**Figuur 3/8.1.11-5:** Uit looptijdverschillen ontstaan faseverschuivingen over een hoek τ tussen de in- en de uitgangsspanning.



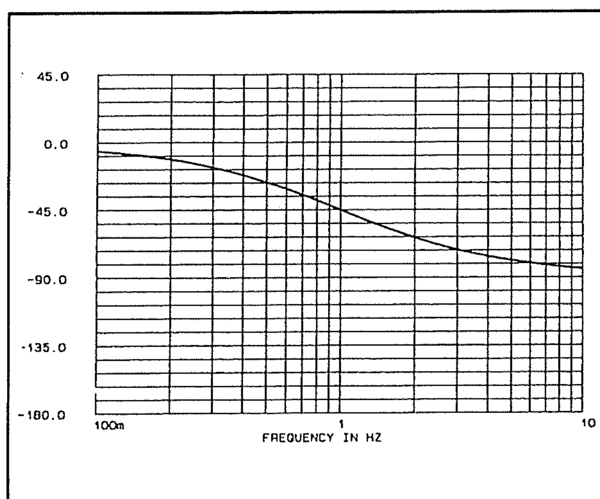

**Figuur 3/8.1.11-6:** Bij zuiver Ohmse belastingen ontstaan geen faseverschuivingen tussen spanning en stroom.

Anders wordt het, als men de gloeilamp vervangt door een spoel of een condensator. Zoals getekend in figuur 3/8.1.11-7, doet zich nu het vreemde verschijnsel voor dat spanning en stroom niet in fase zijn! Bij een spoel zal de stroom nalopen op de spanning. Als de spanning de maxi-

male positieve waarde bereikt, is de stroom nog op weg naar zijn maximale waarde. Als de spanning na 180° weer nul wordt, zal de stroom nog een bepaalde positieve waarde hebben. Men zegt in dit geval dat de stroom ***naijlt*** op de spanning. Bij een capacitieve belasting loopt de stroom voor op de spanning. Als de spanning maximaal positief is, heeft de stroom zijn maximale positieve waarde al achter de rug. Men zegt in dit geval dat de stroom ***voorijlt*** op de spanning.




**Figuur 3/8.1.11-7:** Bij capacitieve en inductieve belastingen ontstaan faseverschuivingen tussen spanning en stroom.




**Figuur 3/8.1.11-8:** De fasekarakteristiek geef de faseverschuiving tussen twee signalen in functie van de frequentie.

Het gaat, in het kader van dit hoofdstuk, te ver om dit verschijnsel te verklaren. Belangrijk om te weten is dat de introductie van capaciteiten en inducties in een schakeling tot gevolg heeft dat er faseverschuivingen in de schakeling ontstaan.

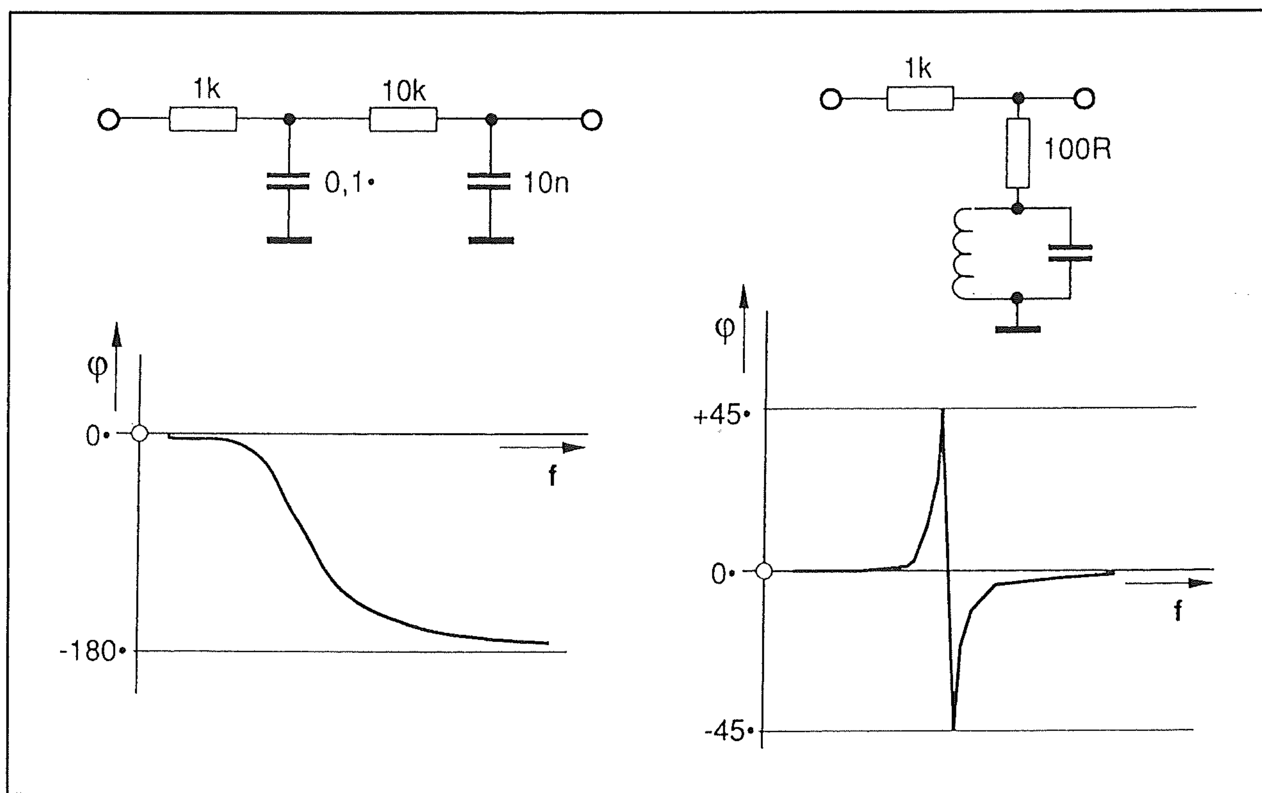
**De fasekarakteristiek**

De faseverschuiving tussen spanning en stroom is bovendien vaak afhankelijk van de frequentie van het signaal. Dit verschijnsel kan volledig gedefinieerd worden door het opstellen van een fasekarakteristiek. Deze karakteristiek geeft, zie figuur 3/8.1.11-8, de mate van faseverschuiving, uiteraard uitgedrukt in hoekgraden (°), tussen het in- en uitgangssignaal in functie van de frequentie.

**Faseverschuiving in actieve en passieve filters**

Voor grote en onregelmatige faseverschuivingen zijn meestal filterschakelingen verantwoordelijk. Hoe scherper het filter is, oftewel hoe steiler de flanken van de doorlaatkarakteristiek, des te groter is de faseverschuiving. Wordt bijvoorbeeld een analoog laagdoorlaat filter voor de begrenzing van de weergavekarakteristiek aan de uitgang van een CD-speler of een PC-geluidskaart bekeken, dan is dat in het algemeen een steil filter met een demping van meer dan 80 dB. De a-lineariteit in het faseverloop in de buurt van de kantelfrequentie is niet gering. In de praktijk kan deze meestal worden verwaarloosd, omdat de subjectieve waarneming in dat frequentiegebied toch al beperkt is. In figuur 3/8.1.11-9 zijn de fasekarakteristieken van een paar filtertypen weergegeven. Het RC-filter heeft een minder scherpe dempingskarakteristiek en dientengevolge een minder steile fasekarakteristiek. Het LCR-filter heeft zeer steile flanken en dus ook een fasekarakteristiek met een grillig verloop.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**




**Figuur 3/8.1.11-9:** De fasekarakteristieken van twee filter-typen.

## Niet ideale onderdelen

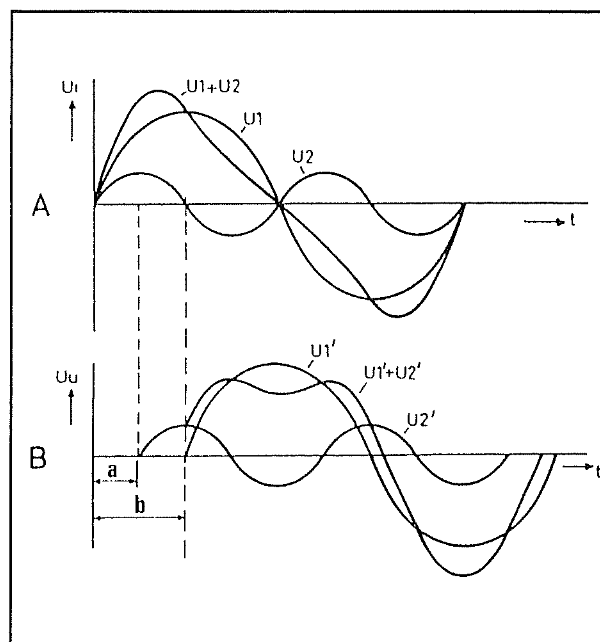
Ongewenste fase-eigenschappen in schakelingen ontstaan ook doordat componenten nooit ideaal zijn. Zo is bijvoorbeeld de inductie van een opname/weergave-kop zeker niet te verwaarlozen. Er wordt zelfs nuttig gebruik van gemaakt voor het versterken van de lage frequenties tijdens de weergave. Ook de inducties van dynamische luidsprekers en microfoons kunnen hun invloed hebben op de eigenschappen van de schakelingen waarop ze zijn aangesloten.
Ook de basiscomponenten van elektronische schakelingen, zoals condensatoren, spoelen en draadgewonden weerstanden zijn allesbehalve ideaal. Denk daarbij aan de zelfinductie die ontstaat in een rolcondensator, de capaciteit tussen windingen van een spoel en de combinatie van paracitaire capaciteit en zelfinductie in een draadgewonden weerstand. Al deze effecten veroorzaken faseverschuivingen in een schakeling.
Voor hoogwaardige schakelingen worden dan ook vaak speciale componenten geselecteerd, die zo min mogelijk invloed hebben op het fasegedrag van het betreffende apparaat.

## Digitale filters met constante groepslooptijd

Digitale FIR-filters (Finite Impulse Response) vertonen daarentegen geen systeemafhankelijke fasehoek, omdat die over een absoluut constante groepslooptijd beschikken als gevolg van het gebruik van digitale vertragingselementen, waardoor ze een symmetrische pulsweergave hebben. Toch werkt ook deze constante looptijd als een regelrechte vertraging, die op zich natuurlijk niet zomaar mag

worden verwaarloosd en tot uitdrukking komt in een constante faseverschuiving tussen in- en uitgang.

**Gevolgen van faseverschuivingen**
Men zou nu kunnen denken dat die faseverschuivingen in een schakeling weliswaar aantoonbaar aanwezig en theoretisch verklaarbaar zijn, maar dat hiermee de boot af is. Wie heeft er last van? Was het maar zo eenvoudig! Faseverschuivingen kunnen heel vervelend zijn en de oorzaak zijn van ***fasevervormingen***.
Hoe dit verschijnsel te verklaren is volgt uit figuur 3/8.1.11-10.
Als men aan de ingang van een schakeling opeens een spanningssprong legt, dan zal de schakeling daar op een heel specifieke manier op reageren. Het zal duidelijk zijn dat dezelfde plotselinge spanningssprong niet op de uitgang is terug te vinden! Een spanningssprong is immers, denk aan de theorie van Fourier, samengesteld uit een heleboel harmonische frequenties. Nu zal de schakeling voor al die frequenties verschillende faseverschuivingen en looptijden hebben. Het gevolg is dat de samenstelling van het signaal door het filter grondig beïnvloed wordt.
Een heel sprekend voorbeeld van dit gedrag is voorgesteld in figuur 3/8.1.11-10. Aan de ingang van een schakeling wordt een signaal $U_1+U_2$ gelegd. Volgens Fourier kan men dit signaal ontleden in twee sinusvormige spanningen $U_1$ en $U_2$. De schakeling vertraagt het signaal $U_2$ over een hoek van b°. Het signaal $U_1$ wordt echter over een kleinere fasehoek a° vertraagd. Het gevolg is dat het uitgangssignaal van het filter gelijk wordt aan $U_1'+U_2'$. Uit de grafiek blijkt heel duidelijk dat dit samengestelde signaal er heel anders uitziet dan het samengestelde signaal aan de ingang!




**Figuur 3/8.1.11-10:** Faseverschuivingen kunnen grote signaalvervormingen veroorzaken.

**Conclusie**
Uit deze theoretische beschouwingen zal duidelijk zijn geworden dat faseverschuivingen in iedere schakeling aanwezig zijn en zelfs volledig onvermijdelijk zijn. Bovendien kunnen deze verschijnselen tot fasevervormingen leiden, waardoor uitgangssignalen er heel ander kunnen uitzien dan ingangssignalen. Het is dus van het grootste belang dat men de faseeigenschappen van een schakeling nauwkeurig kan meten en volledig definiëren.

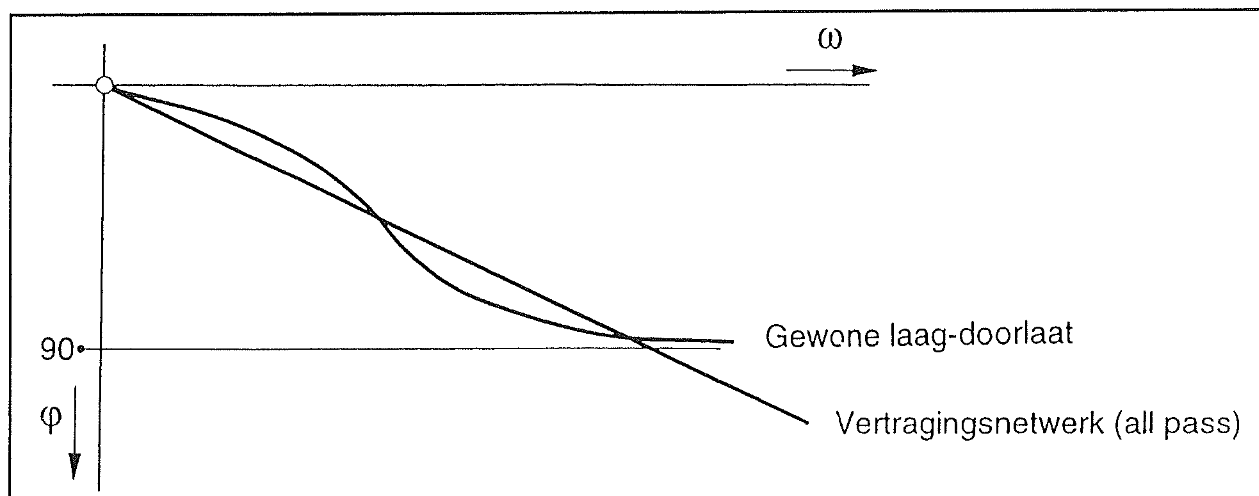
# Meetmethoden

**Samenvatting**
Elektrische signalen worden dus in het algemeen beïnvloed door faseverschuivingen. Dergelijke faseverschuivingen

ontstaan bijvoorbeeld door lijnvertragingen. In het simpelste geval is dat de tijd die nodig is om het geluid van een luidspreker naar het oor over te brengen. Een dergelijke looptijd geeft echter nog geen fasevervorming, omdat op gedefinieerde punten in het audiosignaal de afzonderlijke audiocomponenten altijd weer met dezelfde fase ten opzichte van elkaar zullen optreden, geheel onafhankelijk van de looptijd. De klank van het geluid zal daarom niet worden aangetast.
Anders wordt het als de looptijd afhankelijk is van de frequentie. In dat geval ontstaan fasevervormingen, die duidelijk tot uitdrukking komen in de klank van het geluid. Voor de specifieke klankkleur van instrumenten (blaasinstrumenten, strijkinstrumenten, enzovoort) is bijvoorbeeld in hoofdzaak de aanslagfase verantwoordelijk, waarin zich met name hoge frequenties bevinden. Bij fasevervorming zijn de hoge frequenties meestal wat later te horen dan de lage frequenties, hetgeen het klankkarakter in hoge mate verandert en daarmee de kenmerkende klank van het instrument vervormt.
Het zal duidelijk zijn dat het dus voornamelijk er op aan komt de fasekarakteristiek van een systeem in functie van de frequentie op te meten. Deze is immers verantwoordelijk voor de fasevervorming!

**Definities en begrippen**
De fasevervorming is op zich nog geen echte natuurkundige grootheid. Verantwoordelijk voor de fasevervorming is het faseverloop. Wordt het faseverloop van een zuivere vertragingslijn bekeken, dan is dat altijd lineair afhankelijk van de frequentie, zoals ook uit figuur 3/8.1.11-11 blijkt. De volgens conventionele technieken samengestelde filters hebben een a-lineair faseverloop. Dat betekent dat de fasekarakteristiek niet recht is. De karakteristiek wordt verkregen door het uitzetten van het faseverloop in functie van de frequentie, namelijk als volgt:
$T_G = - d\varphi(\omega/d\omega)$
Wordt in het faseverloop de naijlende fase (zoals gebruikelijk) als negatief beschouwd, dan zal in vertragende takken van het filter een “negatieve” stijging van de karakteristiek te zien zijn. Wordt de afleiding van een minteken voorzien, dan ontstaat een positieve waarde volgens de vergelijking, die de groepslooptijd wordt genoemd. Die vertegenwoordigt, mits hij over het hele frequentiebereik constant is, de tijdvertraging van het signaal.
Een van de frequentie afhankelijke groepslooptijd zal altijd fasevervorming tot gevolg hebben; een constante groepslooptijd daarentegen niet. Men zou de groepslooptijd ten opzichte van de frequentie kunnen uitzetten, met als resultaat de verandering van de groepslooptijd. Het maximum hiervan zou een maatstaf voor de fasevervorming zijn. In de praktijk zal echter voor gedetailleerde uitkomsten de grafiek van de functie $T_G(\omega)$ worden gebruikt. In situaties waar idealiter geen vervorming mag ontstaan, wordt in het algemeen een fasefout $\varphi$ (phi) voor de hogere frequenties opgegeven, want juist daar moet in het algemeen met de grootste fout rekening worden gehouden. Het betreft hier de hoek waarmee de fase afwijkt van een niet vertraagde referentiesignaal. Aangezien de fasevervorming, respectievelijk de fasefout, frequentieafhankelijk is, moet de meetfrequentie altijd bekend zijn, anders is de grootte van de subjectieve waarneming van de vervorming niet te beoordelen. Vaak worden, net als bij een frequentiekarakteristiek, meerdere bereiken aangegeven waarin de fasetoleranties zich voordoen.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**




**Figuur 3/8.1.11-11:** Fasehoek in functie van de frequentie.

In principe kan de fasehoek zowel in graden als in radialen worden omschreven. Voor het bepalen van een groepslooptijd is het echter dringend aan te raden gebruik te maken van de functie van het faseverloop in radialen, omdat anders geen begrijpelijke waarde voor de tijd te berekenen is.

## Meetprincipes

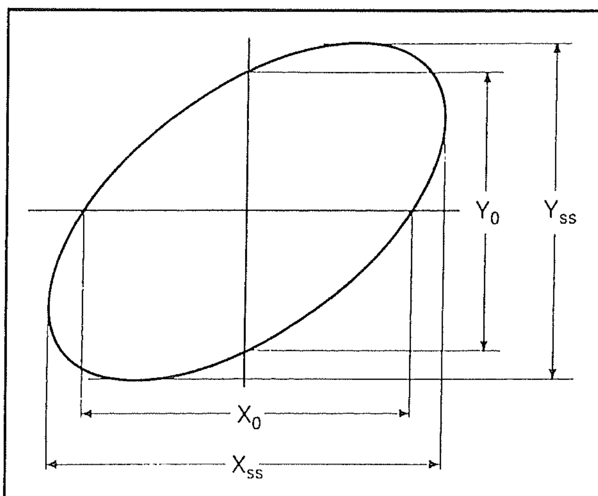
Faseverschuivingen ontstaan per definitie tussen twee signalen. Wil men faseverschuivingen kunnen meten, dan is het van het allergrooste belang dat men de beschikking heeft over beide signalen. Dit lijkt logisch, maar is het niet. Als men bijvoorbeeld de faseverschuiving van een versterker wil opmeten, dan kan men een referentiesignaal aan de ingang leggen en de faseverschuiving tussen deze referentie en het signaal op de uitgang meten. Maar als men bijvoorbeeld de faseverschuivingen in een CD-speler moet meten, dan ontbreekt een van beide signalen. Men heeft immers bij een dergelijk apparaat alleen maar het uitgangssignaal ter beschikking.
De meetmethoden verschillen in principe door het al dan niet aanwezig zijn van het oorspronkelijke signaal. De complexiteit is in beide gevallen vergelijkbaar, maar neemt toe naarmate een hogere nauwkeurigheid of een kleinere fout moet worden gemeten.
Onderstaande meetmethoden staan ter beschikking:

- Lissajous-ellipsen op de oscilloscoop;
- op nul regelen van de signaalsom;
- gebruik van een twee-kanaals oscilloscoop;
- gebruik van processor-bestuurde oscilloscopen;
- bepaling van de faseverschuiving zonder referentiesignaal.

## Lissajous-ellipsen op de oscilloscoop

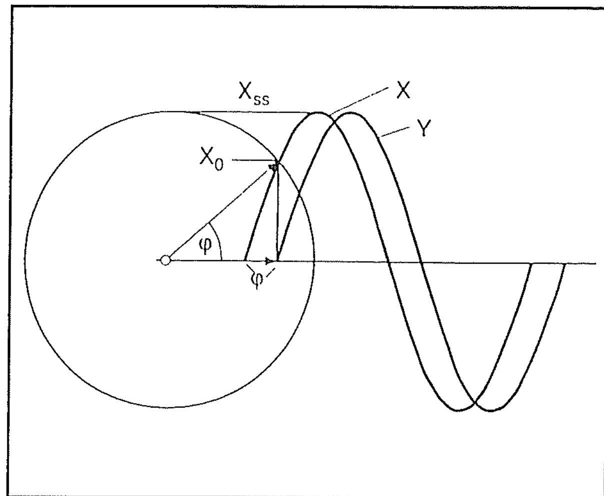
Voor de bepaling van faseverschillen is de oscilloscoop een bijzonder geschikt instrument. Zijn het referentiesignaal en het in fase verschoven signaal beide beschikbaar, dan wordt de oscilloscoop in de zogenaamde XY-mode gebruikt, oftewel zonder tijdbasis. De beide afbuigingen worden hierbij als gelijkwaardig beschouwd en krijgen ieder één van de beide signalen toegewezen.
In het algemeen verschijnt er dan op het scherm een ellips, zoals in figuur

3/8.1.11-12 is te zien. Deze ellipsen noemt men Lissajous-ellipsen. De fasehoek φ tussen de beide signalen kan dan volgens de meetkunde als volgt worden omschreven:
$\sin \varphi = X_o/X_{ss} = Y_o/Y_{ss}$
Beide afstanden zijn op het scherm van de oscilloscoop op te meten.



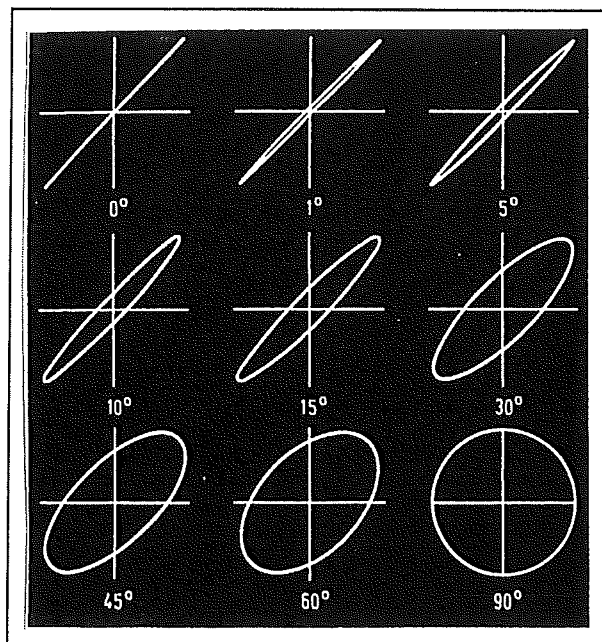
**Figuur 3/8.1.11-12:** Fasehoeken meten met behulp van Lissajous-figuren op het scherm van een oscilloscoop.

Hierbij moet worden opgemerkt dat het middelpunt van de ellips moet samenvallen met het midden van het assenkruis op het scherm, hetgeen gemakkelijk is te controleren door het uitschakelen van de afbuigspanningen. De lichtstip, die dan op het scherm verschijnt, moet met de twee positie-regelaars in het nulpunt van het assenkruis op het scherm worden geplaatst. Is de centrering niet correct, dan zal ook bij het aflezen van de schaal een fout worden geïntroduceerd.
Voor de wiskundig onderlegde lezers word in figuur 3/8.1.11-13 een verklaring gegeven voor de opgevoerde formule.



**Figuur 3/8.1.11-13:** Het wiskundig bewijs voor de voorgestelde formule.

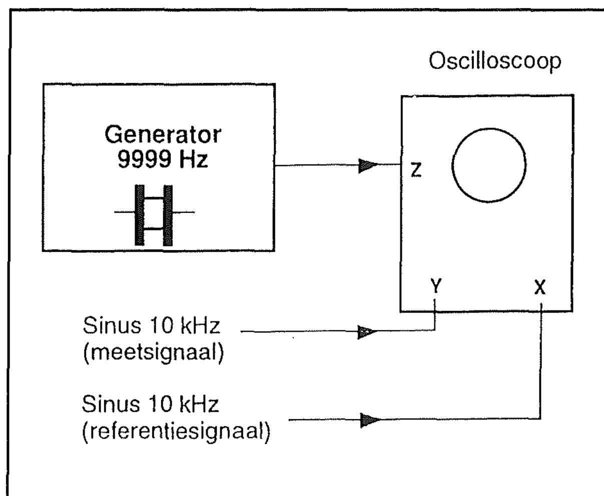
Wie enige ervaring heeft met deze manier van fasehoek-metingen kan uit de vorm van de ellips afleiden hoe groot de fasehoek tussen beide signalen is. In figuur 3/8.1.11-14 zijn een paar fasehoeken en hun overeenkomstige ellipsen voorgesteld.



**Figuur 3/8.1.11-14:** Faseverschuivingen en hun Lissajous-ellipsen.

## Voor- of naijlen?

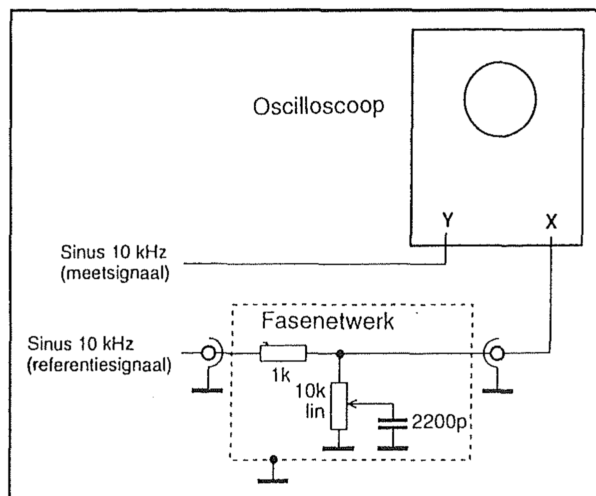
Welk signaal voorijlt respectievelijk naijlt kan niet uit de vergelijking worden opgemaakt. Wordt φ gedefinieerd als de naijlhoek van het Y-signaal ten opzichte van het X-signaal, dan ontstaan positieve waarden voor φ als de ellips tegen de klok in wordt geschreven en negatieve waarden bij schrijfrotatie met de klok mee. Bij hoge frequenties, bijvoorbeeld 10 kHz, zal echter niet zichtbaar zijn in welke richting de ellips wordt geschreven. In dat geval moet een beroep worden gedaan op daarvoor geschikte methoden, zoals er een in figuur 3/8.1.11-15 is getekend. Bij deze methode ondergaat de straal van de oscilloscoop een helderheidsmodulatie, waarbij de modulatiefrequentie net iets onder de te meten frequentie (of een veelvoud daarvan) ligt. De meeste oscilloscopen hebben hiervoor op de achterzijde een zogenoemde Z-ingang.




**Figuur 3/8.1.11-15:** Het bepalen van de voor- of naijl richting door Z-modulatie van de beeldbuis van de oscilloscoop.

Wordt een frequentie van 10 kHz gemeten, dan wordt de helderheid met bijvoorbeeld 9.999 Hz gemoduleerd. De ellips wordt nu partieel beschreven. Het zichtbare deel draait in dezelfde richting als de totale geschreven straal. Op die manier kan de draairichting gemakkelijk worden afgelezen.

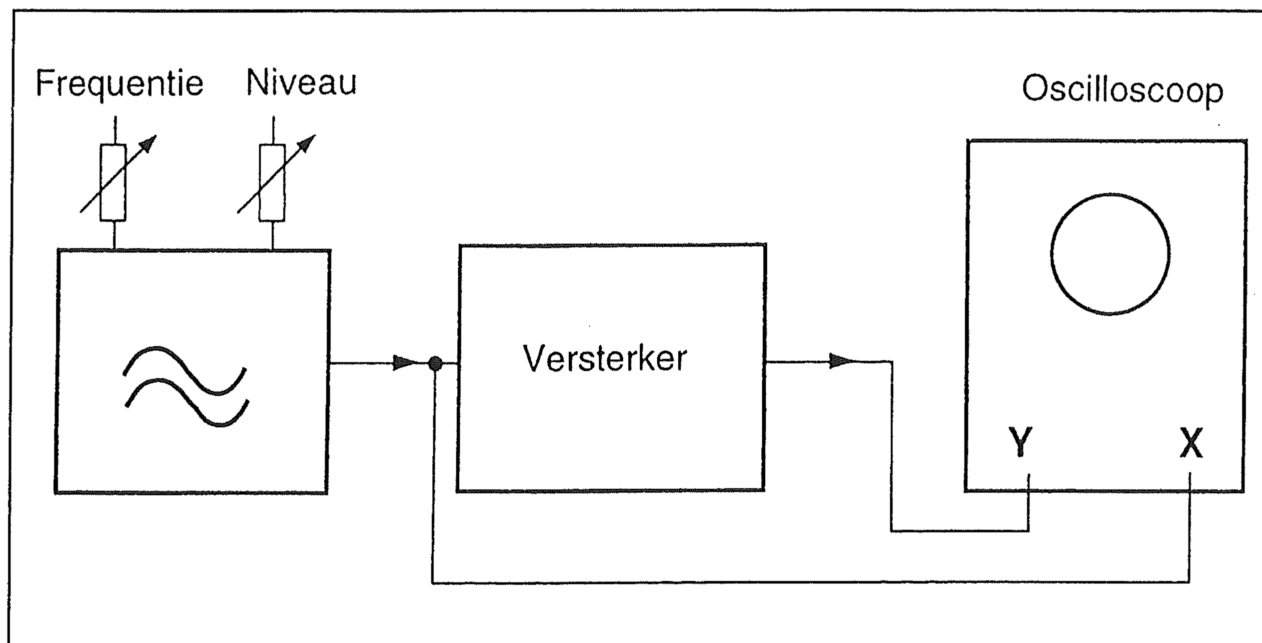
Een betere methode vraagt om een extra instelbaar faseverschuivend netwerk, dat tussen een van de signalen en de ingang van de oscilloscoop wordt geschakeld. Het schema wordt voorgesteld in figuur 3/8.1.11-16. Is het aangebracht in het signaal dat voorijlt, dan kan met de potentiometer in het faseverschuivend netwerk de ellips "slanker" worden gemaakt. Lukt dat niet, dan bevindt het netwerk zich in de signaallijn met het naijlende signaal.




**Figuur 3/8.1.11-16:** Een tweede methode voor het bepalen van het voor- of naijlen.

Het voordeel van deze methode is dat bij bijzonder smalle ellipsen niet hoeft te worden uitgegaan van het aflezen van het oscilloscoopscherm, maar de mate van compensatie de maatstaf voor de faseverschuiving vormt, hetgeen veel nauwkeuriger is. De potentiometer is voorzien van een ijking in graden faseverschuiving.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**




**Figuur 3/8.1.11-17:** Het opmeten van de fasekarakteristiek van een versterker.

Bij een meetfrequentie van 10 kHz wordt een bereik van circa 1 graad verkregen, dat echter niet lineair met de instelling verloopt.

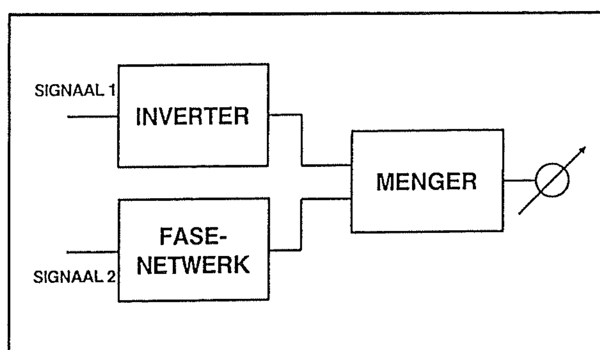
### Voorbeeld

In figuur 3/8.1.11-17 is het meetprincipe toegepast op een versterker. Het referentiesignaal wordt volgens de afspraak altijd op de X-ingang van de oscilloscoop geplaatst. Daarbij moet erop worden gelet dat de beide signalen met ongeveer dezelfde amplitude worden aangeboden, hoewel dat in principe niet echt kritisch is.
In ieder geval moet het sinussignaal van de toongenerator zo ideaal mogelijk zijn, dus met weinig niet-lineaire vervorming. Datzelfde geldt natuurlijk ook voor de uitgangsspanning van het te testen apparaat. In het voorbeeld van de versterker mag die niet worden overstuurd.
De meting wordt uiteraard uitgevoerd bij diverse frequenties. Men berekent voor iedere frequentie de sin φ. Via een elektronisch wetenschappelijk rekenmachientje of sinustabellen kan men voor iedere frequentie de hoek φ berekenen of aflezen. Nadien kunnen deze waarden in een fasekarakteristiek samengevat worden.

### Op nul regelen van de signaalsom

Met de compensatiemethode kan ook van het gebruik van een oscilloscoop worden afgezien, als een van beide signalen door een ideale fase-omkeerschakeling (inverter) met instelbare amplitude wordt geleid. Het hieruit verkregen signaal wordt opgeteld bij het signaal uit het vertragingsnetwerk. De amplitude van het somsignaal wordt op nul gesteld door de fase van het ene signaal en de amplitude van het andere signaal in te stellen.
Het principe van deze meetmethode is getekend in figuur 3/8.1.11-18.
Het eerste signaal wordt toegevoerd aan de ingang van de inverter. Deze veroorzaakt een faseverschuiving van precies 180°, zodat het signaal "gespiegeld" wordt

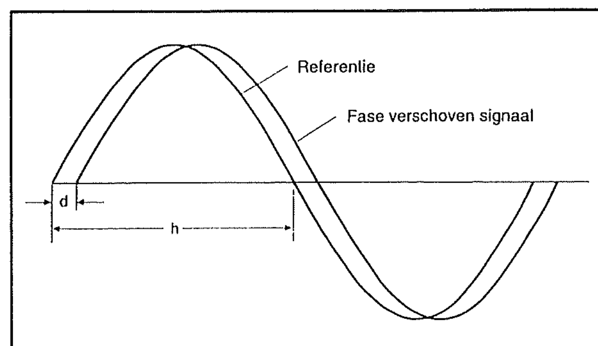
rond de horizontale as. Het uitgangssignaal van de inverter is regelbaar. Het tweede signaal gaat naar een geijkt faseverschuivend netwerk, een identieke schakeling als getekend in figuur 3/8.1.11-16. Beide signalen gaan nu naar een eenvoudige menger. De uitgang van de menger is aangesloten op een gevoelige millivoltmeter. Door de twee potentiometers, deze van de inverter en deze van de geijkte fasedraaier beurtelings af te regelen op minimale spanning op de meter, kan men een stand bereiken waarbij de uitgangsspanning nul is. Op dat moment kan men van de geijkte faseverschuiver de faseverschuiving tussen beide signalen aflezen.
Nadeel van deze methode is dat het een zeer omslachtige procedure is om een volledige fasekarakteristiek op te meten. Bovendien "ziet men niet wat men doet". Het is echter de enige methode om faseverschuivingen te meten als men niet de beschikking heeft over een oscilloscoop.




**Figuur 3/8.1.11-18:** Het meten van fasehoeken met de methode "op nul regelen van de signaalsom".

## Gebruik van een twee-kanaals oscilloscoop

Natuurlijk kunnen de faseverschuivingen ook zichtbaar worden gemaakt met behulp van een gewone twee-kanaals oscilloscoop. Die methode is weergegeven in figuur 3/8.1.11-19. De bepaling van deze faseverschuiving op het scherm is bij deze methode niet zo nauwkeurig als met behulp van de ellipsweergave. De beide signalen moeten zo nauwkeurig mogelijk symmetrisch ten opzichte van de horizontale as op het scherm worden geplaatst. Dat kan door eerst beide ingangen aan de massa te leggen en met de vertikale positie-regelaars beide stralen precies te laten samenvallen met de nul-as van het grid. De amplitudes mogen verschillend zijn.




**Figuur 3/8.1.11-19:** Het meten van fasehoeken met een twee-kanaals oscilloscoop.

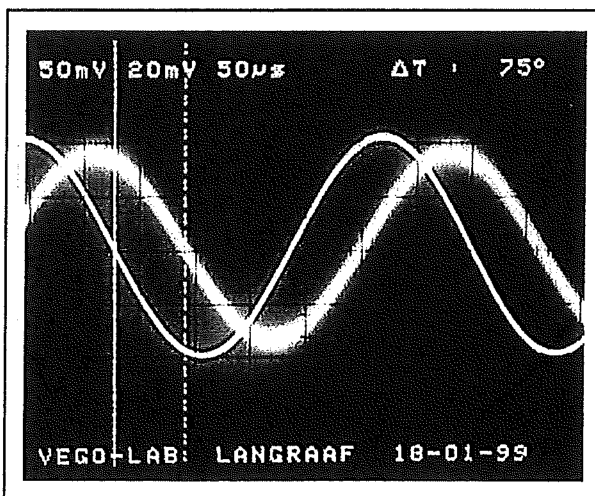
De faseverschuiving wordt als volgt bepaald:
$\varphi = (d/h) * 180°$
De waarden van d en h moeten op het scherm worden gemeten en kunnen met de door het apparaat aangeboden hulpmiddelen (spreiding, detailvergroten) worden bepaald onder de vorm van tijden, waarbij h de halve periodeduur van het signaal is.

## Gebruik van processor-bestuurde oscilloscopen

Wie het voorrecht heeft gebruik te kunnen maken tot een moderne processorbestuurde oscilloscoop kan de in de vorige paragraaf beschreven meting grotendeels door zo'n apparaat laten uitvoeren.

In principe verloopt de procedure identiek.

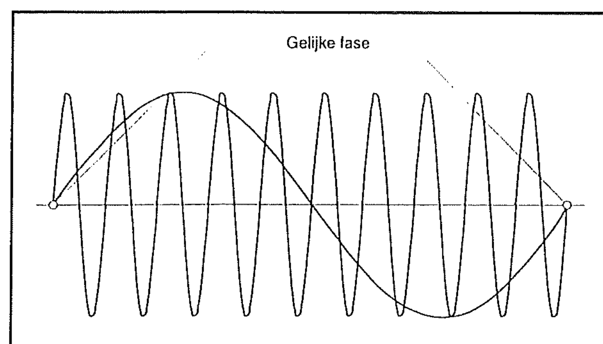
- Stap 1:
  Zet de scoop op twee-kanaals bedrijf en regel de beide stralen af op de nulas van het scherm,
- Stap 2:
  Voer beide signalen toe aan de twee ingangen en regel de versterkingen van beide versterkers af op ongeveer identieke signaalhoogte.
- Stap 3:
  Schakel de cursor-meting van de oscilloscoop in en zet deze op tijdmeting, optie Δt.
- Stap 4:
  Zet de twee cursoren op de punten waar de twee signalen door de horizontale nul-as gaan, zie figuur 3/8.1.11-20.
- Aflezen:
  De oscilloscoop berekent nu de faseverschuiving tussen beide signalen en zet de waarde in ° op het scherm.




**Figuur 3/8.1.11-20:** Het meten van faseverschuivingen met een cursorbestuurde rekenende oscilloscoop. In de rechter bovenhoek van het scherm kan men de faseverschuiving rechtstreeks in ° aflezen.

**Bepaling van de faseverschuiving zonder referentiesignaal**

Bij apparaten zonder directe signaalingang kunnen eveneens fasefouten, dus vervorming, ontstaan. Het referentiesignaal kan in dat geval echter niet van buitenaf worden toegevoerd, maar moet uit een testsignaal bron worden verkregen. Hoe wordt nu de faseverschuiving gemeten als er geen nauwkeurige referentie beschikbaar is? De oplossing van dit probleem ligt in het gegeven dat bij lage en midden frequenties in het audiogebied nauwelijks faseverschuiving is te meten, maar wel bij hoge frequenties. De methode is dus gebaseerd op een vergelijking van de fase van een signaal met lage frequentie met die van een hoge frequentie. Een voorwaarde voor deze methode is dat de beide afzonderlijke signalen met verschillende frequentie een vaste faseverhouding hebben. Dat betekent tevens dat de hoge frequentie een exact veelvoud van de lage is. In figuur 3/8.1.11-21 is een voorbeeld te zien van twee signalen waarvan de frequentieverhouding 1/10 is, dus bijvoorbeeld 1 en 10 kHz en die een starre faserelatie met elkaar hebben. De nuldoorgangen van beide signalen vallen precies samen.




**Figuur 3/8.1.11-21:** Twee signalen met verschillende frequenties, maar met een starre faserelatie.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

Voldoen de beide signalen niet aan deze voorwaarde, dan is de fasehoek van het signaal met de hoge frequentie tijdens de nuldoorgangen van het signaal met de lage frequentie volledig ongedefinieerd en in het algemeen onvoorspelbaar, omdat de verstreken tijd onbekend is. Bij een starre fasekoppeling, daarentegen, zullen de nuldoorgangen van de beide signalen volledig samenvallen, zoals duidelijk in de figuur te zien is. Deze dekking is ook na een willekeurig aantal perioden nog aanwezig. Bij apparatuur met twee kanalen (stereo) kunnen beide signalen gescheiden elk via een kanaal worden weergegeven. Daarmee wordt het mogelijk om een meting volgens figuur 3/8.1.11-19 uit te voeren, waarbij de verschuiving van het signaal met de hogere frequentie natuurlijk op de halve periode moet worden betrokken. Ook hierbij moet worden gelet op een optimale symmetrie van de signalen ten opzichte van de assen, zodat een zo nauwkeurig mogelijk meetresultaat wordt verkregen. Een fasemeting via XY-aansturing, dus met behulp van Lissajous-figuren, is eveneens mogelijk. Het bepalen van de faseverschuiving wordt daarbij op vergelijkbare wijze uitgevoerd als bij de ellips (in principe ook een Lissajous-figuur), alleen beschikt de figuur over meerdere pieken. Wordt het referentiesignaal (de lage frequentie) weer op de X-ingang geplaatst en staat het in fase verschoven signaal (de hoge frequentie) op de Y-ingang, dan wordt de faseverschuiving van het signaal met de hogere frequentie ten opzichte van die met de lage frequentie met behulp van besproken wiskundige vergelijking bepaald door de verhouding tussen de mate van aansnijden van het positieve deel van de Y-as en de top-top-spanning. Moeilijker en minder nauwkeurig verloopt de bepaling van de faseverschuiving als de meting moet worden beperkt tot één enkel kanaal. In dat geval moeten beide signalen op de referentiebron (bijvoorbeeld tape of CD) tot een samengesteld signaal bij elkaar worden opgeteld. De bepaling van de faseverschuiving wordt dan uitgevoerd zoals in figuur 3/8.1.11-22 wordt voorgesteld. Het somsignaal moet weer exact symmetrisch op de tijdas (X-as) liggen. Het deel waar de tijdas wordt doorsneden is in de onderste figuur vergroot weergegeven. Wordt de lijn die het gemiddelde van het somsignaal, dus eigenlijk het laagfrequente signaalaandeel, bekeken dan snijdt die de tijdas (nul-niveau) op een bepaald punt. Vanuit dat punt gerekend tot het middelpunt van het signaal met de hogere frequentie is een bepaalde tijd verstreken, die overeenkomt met de faseverschuiving of de fasehoek.

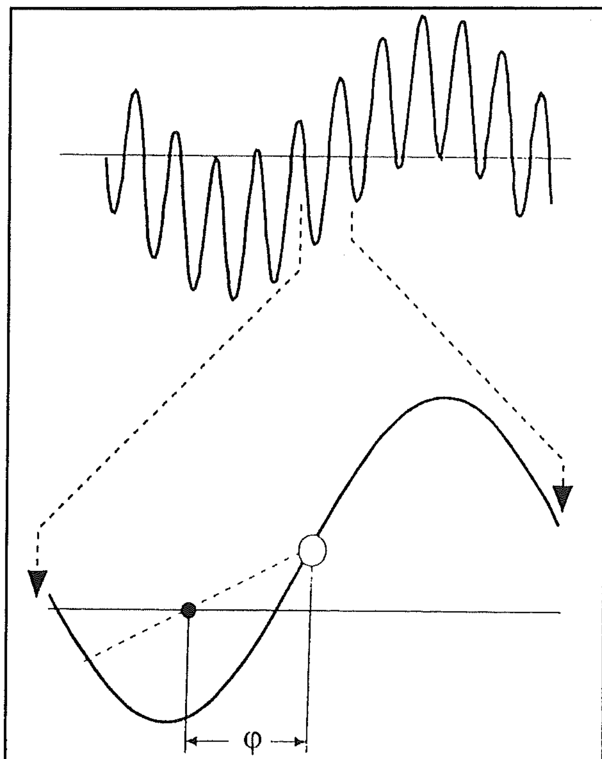
De berekening van de grootte van de fasehoek wordt weer uitgevoerd met de vergelijking:

$\varphi = (d/h) * 180°$

Een dergelijke bepaling van de fasehoek is uiterst onnauwkeurig, zowel met betrekking tot het vinden van de gemiddelde waarde als het vaststellen van het midden van de periode. Als gevolg van die onnauwkeurigheid is de methode alleen geschikt voor het vaststellen van een relatief grote faseverschuiving, waarbij bovendien de toegestane tolerantie van de meting hoog mag zijn. Helaas zijn er geen andere methoden die, zonder een uitgebreid meetsysteem, nauwkeuriger resultaten geven.

Als ervan kan worden uitgegaan dat de fouthoek bij lage frequenties is te verwaarlozen, dan is het bepalen van de faseverschuiving van de hoge frequentie voldoende, anders moeten beide meetfrequenties worden betrokken in de meting.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**




**Figuur 3/8.1.11-22:** Het meten van faseverschuivingen door het sommeren van twee signalen met verschillende frequenties.

# Praktische opmerkingen

**Inleiding**

Reeds geschreven werd dat een faseverschuiving, die vooral bij hoge frequenties meetbaar is, niet per sé verantwoordelijk is voor een eventuele fasevervorming. Uitsluitend a-lineariteit in relatie met de frequentie, respectievelijk het niet constant zijn van de groepslooptijd, hebben ook onvermijdelijk fasevervorming tot gevolg. Afzonderlijke metingen van faseverschuivingen brengen nog geen mogelijke aanwezigheid van fasevervorming aan het licht. Fasevervorming kan pas worden aangetoond na metingen met verschillende frequenties, respectievelijk na het opnemen van een fasekarakteristiek. Dit moet ook met name bij de metingen met twee frequenties in gedachten worden gehouden. De looptijd bij een discrete frequentie wordt bepaald met de formule:

$T_L = \varphi/360° * 1/f$

Hierin is f de frequentie van het gebruikte meetsignaal. De faseverschuivingshoek φ moet de volledige hoek zijn, dus inclusief alle veelvouden van 360 graden, hetgeen echter normaal gesproken bij de gebruikelijke faseverschuivingen niet relevant is. Afhankelijk van het ontstaan van een fasevervorming, is er een frequentiegebied waarbinnen het faseverloop sterk afwijkt van het gewenste lineaire verloop. De quotiënten van de fasehoek en de frequentie verschillen sterk bij ver uit elkaar liggende frequenties in dat gebied, wat meestal een duidelijke aanwijzing is voor de aanwezigheid van fasevervorming.

**Opwekken van meervoudige fasegekoppelde signalen**

Meervoudige star fasegekoppelde signalen zijn bijzonder lastig op te wekken, omdat het voor de meting te gebruiken somsignaal uit zo zuiver mogelijke sinusvormige golfvormen, dus met weinig vervorming, moet bestaan. Star fasegekoppelde blokgolfsignalen met verschillende frequenties zijn daarentegen gemakkelijk via digitale frequentiedeling samen te stellen. Met deze op de juiste wijze ten opzichte van elkaar staande signalen kunnen via selectieve filters bijzonder zuivere sinusvormige signalen worden verkregen, die vrij van vervorming zijn en waarvan de frequentiestabiliteit overeen komt met het kristal waarvan ze zijn afgeleid.

De signalen kunnen echter eveneens rechtstreeks langs digitale weg worden opgewekt, zodat ook een stabiel en betrouwbaar meetsignaal ontstaat. Dat kan bij-

voorbeeld met behulp van een PC-audiokaart, die de signalen die door de PC zijn opgewekt kan weergeven. De vorm van de signalen en de faseverhouding ertussen wordt door de software-instellingen bepaald. Het signaal wordt in de vorm van een WAV-bestand aan de geluidskaart toegevoerd. De geluidskaart moet van goede kwaliteit zijn en mag slechts weinig faseverschuiving veroorzaken. Is de fasefout van de geluidskaart bekend, dan kan die worden verwerkt in het uiteindelijke meetresultaat en daarmee de nauwkeurigheid van de meting vergroten. Of de signalen gescheiden via de beide kanalen of gecombineerd worden weergegeven, hangt af van de programmering.

# Praktische metingen

**Inleiding**
Bij de hiernavolgende bespreking van meetopstellingen komen zowel eenvoudige overdrachtssystemen als zuivere weergavesystemen ter sprake. Aan de daarbij toegepaste meetsignaal bronnen zal extra aandacht worden besteed.

**Versterker en voorversterker**
Bij versterkers wordt normaal gesproken gebruik gemaakt van de "ellips"-methode met behulp van een oscilloscoop. Bij kleine fasefouten kan echter ook hier de compensatiemethode de voorkeur hebben. De meting van fasefouten van versterkers wordt als volgt uitgevoerd:

- Een sinusvormig referentiesignaal op de ingang van de versterker aansluiten. De uitsturing van de versterker moet uiteraard onder de maximale uitsturingsgrens liggen.
- Sluit hetzelfde referentiesignaal aan op de X-ingang van een oscilloscoop, die in de XY-mode wordt geschakeld (tijdbasis uitschakelen).
- Sluit de uitgang van de versterker aan op de Y-ingang van de oscilloscoop. Gebruik bij vermogensversterkers ook een belastingsweerstand (dummy) om de uitgang van de versterker correct af te sluiten.
- Stel de ingangsgevoeligheid van de oscilloscoop zo in dat de beide afbuigrichtingen optimaal worden uitgestuurd.
- Schakel de beide scoop-versterkers op massa-potentiaal (de meeste oscilloscopen hebben hebben hiervoor een speciale knop) en stel bij geringe helderheidsinstelling de straal op het centrum van het raster op het scherm van de oscilloscoop in.
- Schakel de scoop-versterkers weer aan de ingangssignalen. De fasefout vervolgens bepalen met behulp van de stand van de ellips en de beschreven wiskundige vergelijking.
- Herhaal de meting bij verschillende frequenties en zet de meetresultaten uit in een grafiek.

Zijn de fasefouten te klein om op deze manier af te lezen, dan kan gebruik worden gemaakt van de compensatiemethode met behulp van een faseverschuivend netwerk, zoals eerder in dit hoofdstuk is besproken.

**Scheidingsfilters**
Scheidingsfilters die in luidsprekersystemen worden toegepast, hebben een theoretisch onvermijdelijke fasebeïnvloeding op het signaal, omdat het passieve filters zijn die zijn samengesteld uit spoelen en condensatoren. De faseverschuiving van dergelijke filters kan in principe net zo worden bepaald als deze van versterkers.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

De meest nauwkeurige resultaten worden verkregen als het filter in zijn toegepaste omgeving wordt getest. Dat wil zeggen met alle luidsprekers erop aangesloten en liefst met deze luidsprekers in hun behuizing. Een luidspreker in combinatie met zijn behuizing vormt namelijk een "levendige" impedantie, die het gedrag van het filter sterk beïnvloedt.

**Bandopname apparatuur**

Voor metingen aan bandopname apparatuur moet het betreffende apparaat eerst goed zijn schoongemaakt en afgeregeld. Vooral de azimuth-instelling is daarbij van belang. Bij stereorecorders kan, als de eigenschappen van de beide kanalen volledig identiek zijn, een testband met verschillende meetsignalen worden toegepast. Overigens zijn er weinig speciale testtapes of -cassettes in de handel, zodat metingen vrijwel altijd alleen via de band, dus met opname en weergave, kunnen worden uitgevoerd.
Bij recorders met gescheiden koppen voor opname en weergave, die dus meestal over een zogenoemde "nabandcontrole" beschikken, kan het weergavesignaal vrijwel in "real time" worden gemeten. In principe kan de meting, ook bij aanwezige nabandcontrole, niet zoals bij versterkers worden uitgevoerd, omdat door de naast elkaar geplaatste opname- en weergavekop altijd een grote faseverschuiving plaatsvindt, die echter exact proportioneel met de meetfrequentie toeneemt en dus een constante groepslooptijd geeft. Het op te nemen referentiesignaal kan dus niet voor de meting worden gebruikt. Voor de meting is men aangewezen op de uitgangssignalen van de weergaveketen, respectievelijk de nabandcontrole van de beide stereokanalen. Het opgenomen signaal bestaat uit een over de beide kanalen gesplitst tweetonig testsignaal, dat met behulp van de in figuur 3/8.1.11-21 getoonde methode wordt beoordeeld.
Ten gevolge van geringe jank die wordt veroorzaakt door de mechanische aandrijving van de recorder zullen de oscillogrammen niet stabiel zijn. Bij geringe frequentie-afhankelijke faseverschuivingen zullen de meting en de daaraan verbonden resultaten dus nogal onnauwkeurig zijn. Een zekere compensatie kan worden verkregen door het verwisselen van de beide kanalen, waarbij ook hier steeds met twee verschillende frequenties moet worden gewerkt om de faseverschuiving te kunnen bepalen.

**CD-speler**

Bij CD-spelers moet eveneens de methode volgens figuur 3/8.1.11-21 worden toegepast. De testsignalen moeten dan op een speciale CD beschikbaar zijn. Indien een CD-recorder ter beschikking staat, kan een dergelijke test-CD relatief eenvoudig zélf worden gebrand, nadat de testsignalen met behulp van de PC zijn samengesteld. Bij oudere typen CD-spelers kan het voorkomen dat door de seriële opbouw van de kanaaldata tussen de kanalen een tijdverschuiving van 11 μs aanwezig is. Bij een frequentie van 10 kHz zou dat overeenkomen met een fouthoek van 40°. Eigenlijk betreft het geen echte fasefout. De beide kanalen hebben afzonderlijk beschouwd geen fasefout, maar alleen een constante tijdvertraging ten opzichte van elkaar. Die tijdvertraging kan in een aantal situaties echter behoorlijk storend zijn. Tijdens de weergave via een hoofdtelefoon klinken de hogere frequenties dan bijvoorbeeld niet op de juiste plaats in het stereobeeld.
Een dergelijke fout als gevolg van tijdvertraging is gemakkelijk te achterhalen

door een meting waarbij de kanalen worden verwisseld.
Stap voor stap ziet de meting van een CD-speler er als volgt uit:

- Test-CD met fasegekoppelde testsignalen (de twee frequenties op verschillende kanalen) invoeren en afspelen.
- Sluit de twee ingangen van een tweekanaals oscilloscoop op de LF-uitgangen van de CD-speler aan. Stel het beeld voor de beoordeling op optimale weergave in.
- Schakel het testsignaal uit en stel de lijnen op de oscilloscoop zo exact mogelijk op de nullijn van de tijdas in.
- Schakel de testsignalen weer in en bepaal de fasefout volgens figuur 3/8.1.11-21.
- Herhaal de meting voor andere frequenties en stel uit de verkregen gegevens een fasekarakteristiek samen.
- Herhaal de meting na het verwisselen van de kanalen om de eventuele tijdvertraging uit de meetresultaten te elimineren.

**Geluidskaart voor de PC**
Ook de bekende PC-geluidskaarten kunnen op fasefouten en -vervorming worden onderzocht. De meetresultaten zijn net als bij CD-spelers niet altijd eenduidig en de nauwkeurigheid van de meetmethode is meestal niet toereikend. Het testsignaal kan met behulp van geschikte software worden gemaakt en vervolgens worden weergegeven. Het gemakkelijkst is het ook hierbij gebruik te maken van twee afzonderlijke signalen met verschillende frequenties voor het linker en rechter kanaal. De eigenlijke meting is dan identiek aan die voor de CD-speler.

## 8.1 Grondbeginselen van de meettechniek

# 3/8.1.12

# Het meten aan schakelaar- en relais-contacten

## Inleiding

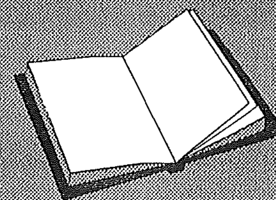
**Een grote storingsbron!**
Schakelaars zijn tegenwoordig, met potentiometers, nog de enige mechanische componenten die men in een elektronische schakeling aantreft. Zoals steeds zijn die mechanische onderdelen een vaak voorkomende oorzaak van storingen. Het is dus helemaal niet zo gek een hoofdstukje te publiceren over de meettechnieken die ter beschikking staan om de specificaties van dergelijke contacten te meten. Hierbij maakt het geen verschil of de contacten in een echt mechanisch te bedienen schakelaar zitten of deel uitmaken van een relais. Het enige verschil is immers de manier waarop de schakelaar bediend wordt.

**Specificaties**
Wat zijn nu die specificaties van contacten die men graag wil opmeten? Dat zijn er heel wat meer dan men in eerste instantie zou vermoeden:
- **statische specificaties:**
  - gesloten contact weerstand;
  - open contact weerstand;
  - paracitaire eigenschappen;
  - a-lineaire eigenschappen.
- **dynamische specificaties:**
  - schakelsnelheid;
  - schakelhysteresis;
  - contactdender;
  - inschakelstroom;
  - duurstroom;
  - uitschakelstroom;
  - schakelspanning;
  - doorslagspanning.

Er moet een onderscheid worden gemaakt tussen de statische specificaties, waarbij een permanente toestand wordt beschreven en de dynamische specificaties, waarbij het in eerste instantie om tijdsafhankelijke veranderingen in de eigenschappen gaat. Beide categorieën zijn bij een schakelaar van belang om de eigenschappen goed te kunnen beschrijven.

**Statische specificaties**
Bij metingen van de statische specificaties wordt uitgegaan van met de tijd niet veranderende toestanden. Het kan ook worden beschouwd als de toestand na een verandering, en wel na een voldoende

**LEES OOK:**
Geen verwijzingen

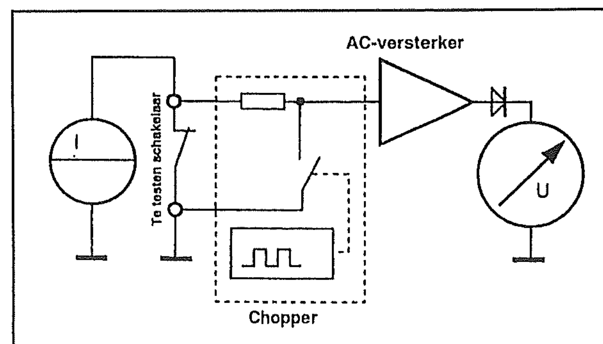


lange tijd waarin geen verandering meer plaatsvindt. De statische eigenschappen beschrijven meestal de toestand na veroudering, die met name bij dynamisch gebruik wordt bereikt.
Zo ontstaat bijvoorbeeld door vonkvorming aan de schakelcontacten corrosie van de contacten, waardoor de geleiding in gesloten toestand minder wordt. Dat wil dus zeggen dat de contactweerstand groter wordt.

**Dynamische specificaties**
Naast de statische specificaties beschikt een schakelaar ook over belangrijke dynamische specificaties. Het gaat hierbij dus over met de tijd veranderende eigenschappen tijdens het schakelproces.

# Statische specificaties

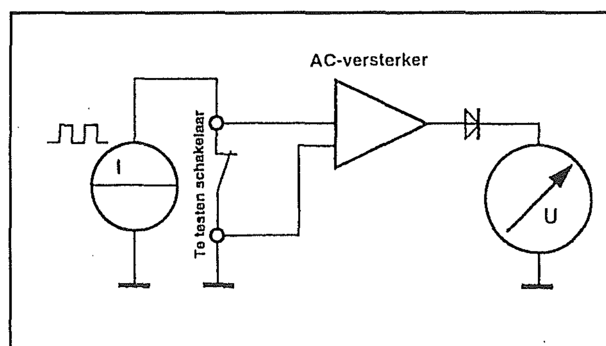
**De gesloten contact weerstand**
Wordt een schakelaar gesloten, dan wordt de weerstand tussen de contacten niet gelijk aan nul, maar er blijft een restweerstand over. Deze afwijking ten opzichte van de ideale schakelaar is weliswaar minimaal en kan meestal worden verwaarloosd, maar er zijn situaties waarbij deze parameter van groot belang is.
De meeste schakelaars hebben een gesloten contact weerstand van slechts een paar Ω, die met de in de service gebruikelijke meetapparatuur moeilijk kan worden gemeten. Meestal wordt voor deze metingen gebruik gemaakt van speciale millivoltmeters, die volgens het chopper-principe werken, waarbij van een geringe gelijkspanning een wisselspanning wordt gemaakt, die gemakkelijker zonder offset- en drift-effecten kan worden versterkt en dan gelijkgericht en gemeten. Voor het meten van de gesloten contact weerstand wordt dus de spanning over contacten gemeten die wordt veroorzaakt door een uiterst nauwkeurige stroombron. De gesloten contact weerstand is dan het resultaat van het quotiënt van de spanning over de contacten en de stroom erdoor. De gesloten contact weerstand is dus evenredig met de spanning over de contacten. De principeschakeling is getekend in figuur 3/8.1.12-1.




**Figuur 3/8.1.12-1:** Het meten van de gesloten contact weerstand.

Een alternatief voor deze methode is gebruik te maken van een wisselstroombron met lage frequentie in plaats van een gelijkstroombron. Daarmee wordt de achter het te meten contactpaar geschakelde chopper overbodig en valt de hierdoor mogelijk veroorzaakte meetfout weg, waardoor de totale nauwkeurigheid van de meting kan toenemen. De betreffende schakeling is getekend in figuur 3/8.1.12-2. In beide gevallen wordt een wisselspanningsmeetversterker toegepast voor de versterking van het te meten signaal en de aanpassing aan het meetinstrument. Als gevolg van de lage te meten weerstandswaarde van de contacten moet de meting zo dicht mogelijk in de buurt van de contacten worden uitgevoerd. De weerstand van de toevoerleidingen kan immers niet worden verwaarloosd!

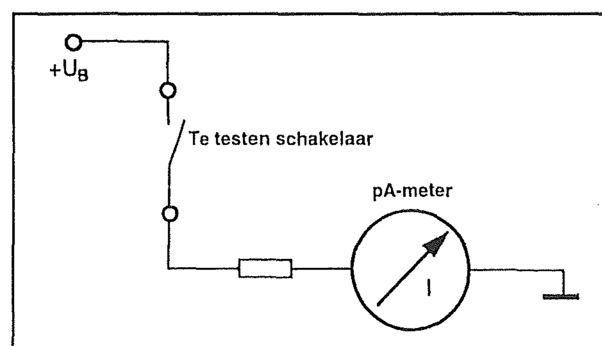
De keuze van de grootte van de meetstroom moet binnen zekere grenzen liggen. Een te grote waarde zal de contacten van de schakelaar te zwaar belasten en een te kleine stroom vermindert de nauwkeurigheid van de meting als gevolg van onder andere offset en ruis.



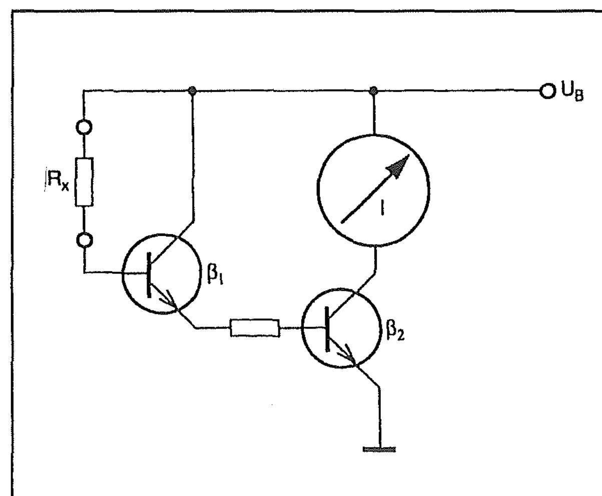

**Figuur 3/8.1.12-2:** Het meten van de gesloten contact weerstand met een wisselspanning en "normale" meetversterker.

## De open contact weerstand

De weerstand van een geopend contactpaar moet natuurlijk zo hoog mogelijk zijn. Een isolatieweerstand in het GΩ gebied is zeker mogelijk. Ook voor dergelijke metingen kunnen de gewone multimeters niet worden toegepast. Die meten immers waarden tot hooguit enkele tientallen MΩ. Het principe van de schakeling is gebaseerd op uiterst gevoelige stroommeters. Over de schakelcontacten wordt een gedefinieerde spanning gezet, die vooral niet te klein mag zijn om toch voldoende lekstroom door de geopende schakelaar te laten vloeien. In figuur 3/8.1.12-3 is het meetprincipe schematisch weergegeven. Ter voorkoming van offset-fouten, zoals die in gevoelige stroommeters gemakkelijk kunnen optreden, kan de referentiespanning regelmatig worden uitgeschakeld, zodat het verschil in uitslag als relevante gemeten waarde kan worden genomen. In figuur 3/8.1.12-4 is een principeschakeling getekend waarmee met behulp van twee transistoren een kleine stroom kan worden gemeten. De resterende basis/emitterspanning is in de eerste plaats al uiterst klein en in dit geval bovendien niet storend. De stroomversterkingsfactoren van de beide transistoren worden met elkaar vermenigvuldigd, zodat bij gebruik van een draaispoelmeter van 100 μA en twee transistoren met een stroomversterkingsfactor van 100 een meetbereik van 0 tot 10 nA ontstaat.




**Figuur 3/8.1.12-3:** Het meten van de open contact weerstand met een gevoelige stroommeter.



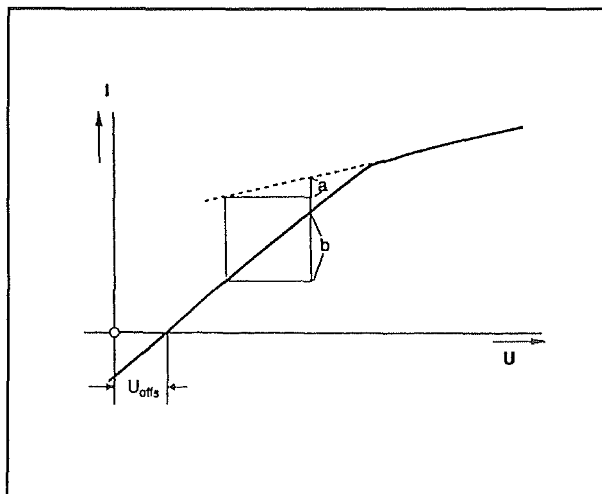

**Figuur 3/8.1.12-4:** Het schema van een gevoelige gelijkstroommeter.

Overigens kan de schakeling niet oneindig op deze wijze worden uitgebreid, omdat de collector/emitter lekstroom, vooral bij de eerste transistor, uiterst klein moet zijn, omdat anders de daaropvolgende transistor in geleiding wordt gestuurd door de lekstroom.
Andere schakelingen, met name die met operationele versterkers, zijn ook vrij gemakkelijk te realiseren, hoewel die meestal nogal slechte drifteigenschappen hebben.
De geleiding tussen de twee geopende contacten is van verschillende factoren afhankelijk. Aan de ene kant zijn er lekstromen via het isolerende materiaal waarin de contacten zijn gemonteerd en verder spelen vuil en relatieve vochtigheid van de lucht een rol.

**De paracitaire eigenschappen**
Tussen geopende schakelcontacten bevindt zich een kleine capaciteit, die met name bij hoge frequenties een niet meer te verwaarlozen rol speelt. Die factor speelt een extra grote rol bij microschakelaars met een korte schakelweg. Voor het bepalen van de capaciteit tussen de contacten kunnen verschillende meetprincipes worden toegepast.
Het gaat hierbij om bijzonder kleine capaciteitswaarden, in de orde van grootte van enkele pF. Ook dergelijke waarden kunnen niet met behulp van een multimeter worden gemeten. Maar met een wisselstroommeetbrug kan echter een vrij nauwkeurig meetresultaat worden verkregen.
Tijdens de meting moet erop worden gelet dat de meetsnoeren een relatief kleine capaciteit en zelfinductie vormen. De meetsnoeren moeten zo kort mogelijk worden gehouden en niet in elkaar worden gedraaid of tegen elkaar liggen.
Om de nauwkeurigheid van de meting te vergroten kunnen meerdere gelijkwaardige schakelaars parallel worden geschakeld. De totale capaciteit neemt evenredig met het aantal schakelaars toe, zodat de capaciteit van een enkele schakelaar gemakkelijk kan worden berekend door de totale capaciteit te delen door het aantal parallel geschakelde schakelaars. Deze methode geeft in het algemeen een gemakkelijk te bereiken en vrij nauwkeurig resultaat.
De inducties zijn in het algemeen te verwaarlozen klein en worden vooral veroorzaakt door de toevoerlijnen naar de eigenlijke schakelcontacten.

**De a-lineaire eigenschappen**
Hoe vreemd het ook mag klinken, zuiver mechanisch openende en sluitende contacten hebben niet per definitie een volledig lineair verlopende karakteristiek! Naast capacitieve en inductieve storende invloeden moeten dus ook deze niet-lineaire karakteristieken in de eigenschappen van de schakelaar worden betrokken.
In figuur 3/8.1.12-5 is de stroom/spanning-karakteristiek van een typische mechanisch gesloten schakelaar getekend. Hierin zijn, erg overdreven, twee effecten verwerkt die tot de a-lineariteit van de schakelaar bijdragen:
- Offset:
  Als de kromme niet door het nulpunt gaat, wordt over offset gesproken. Daarbij wordt als waarde meestal de spanning gegeven waarbij de stroom gelijk aan nul is.
- Kromming van de karakteristiek:
  De kromming van de lijn wordt als a-lineariteit omschreven. Daarbij worden verschillende definities gehanteerd. Een stijging van de kromme in een

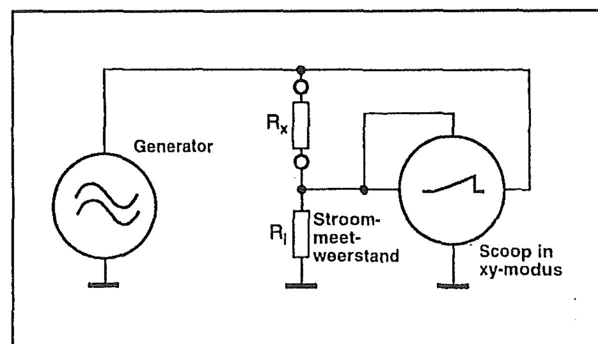
bepaald gebied (dat eveneens moet zijn omschreven) worden vergeleken met de referentiestijging, die het gemiddelde van de stijging in een bepaald gebied is, dan wel de stijging in het nulpunt.
Het verschil tussen beide wordt tegen de referentiestijging afgezet en krijgt een relatieve afwijking, die meestal in procenten worden aangegeven.




**Figuur 3/8.1.12-5:** De stroom/spanning-karakteristiek van een schakelaar met voor de duidelijkheid zeer overdreven voorgestelde offset en a-lineariteit.

In figuur 3/8.1.12-5 krijgt men als a-lineariteit de stijging:
r = (a-b) / b = (a/b) - 1
Wordt de schakelaar gebruikt om audiosignalen te schakelen, dan is men in het algemeen ook geïnteresseerd in de grootte van de niet-lineaire vervorming die het signaal ondergaat, de zogenoemde intermodulatievervorming. Hierbij moet echter altijd de testschakeling worden betrokken. Met name de gegevens over amplitude en frequentie van het testsignaal en de gebruikte voorschakelweerstand zijn daarbij van belang.

Om de a-lineaire karakteristiek van een schakelaar te bepalen kan de meetopstelling uit figuur 3/8.1.12-6 worden gebruikt. Hierbij stelt $R_x$ de gesloten contact weerstand van de te testen schakelaar voor. De oscilloscoop wordt in de XY-mode geschakeld, de tijdbasis wordt dus uitgeschakeld. In plaats daarvan wordt voor de horizontale afbuiging een externe generator gebruikt, die niet noodzakelijkerwijs een zaagtandvormige spanning hoeft op te wekken.




**Figuur 3/8.1.12-6:** De meetopstelling voor het bepalen van de a-lineaire eigenschappen van een schakelaarcontact.

De spanning kan direct over de te testen schakelaar worden gemeten. Daarentegen moet voor het meten van de stroom een meetweerstand in serie met de schakelaar worden opgenomen. De spanning over deze weerstand is een maatstaf voor de stroom en wordt op de Y-ingang van de oscilloscoop aangeboden.
De instellingen van de amplitude van de generator en de gevoeligheid van de oscilloscoop-ingangen moeten zorgvuldig worden gekozen, zodat het gewenste gedeelte van de karakteristiek wordt afgebeeld.
Bij veel oscilloscopen is de afbuigspanning extern beschikbaar. In dat geval is het niet nodig om gebruik te maken van

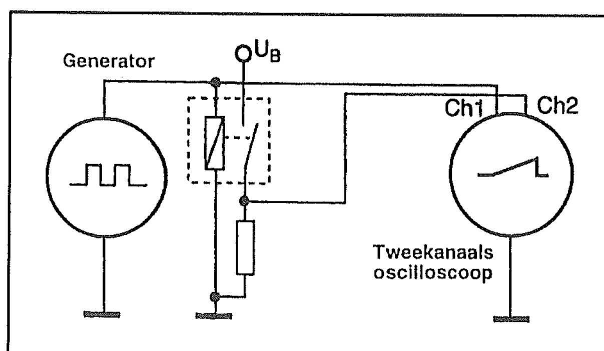
een afzonderlijke generator. De oscilloscoop moet echter wel in de XY-mode worden geschakeld. De tijdbasis moet daarbij op een lage frequentie worden ingesteld zodat een flikkervrij beeld ontstaat.

# Dynamische specificaties

**De schakelsnelheid**

Bij schakelaars die niet rechtstreeks met de hand worden bediend is de schakelsnelheid, dus de relatie tussen het moment van de aansturing en het moment van het eigenlijke schakelproces, een interessant gegeven.

Bij relais kan hiervoor een meetopstelling volgens figuur 3/8.1.12-7 worden gebruikt. Het relais wordt met een blokspanning met een niet al te hoge frequentie (bijvoorbeeld 10 Hz) gestuurd. De schakelcontacten veroorzaken via een hulpspanning $U_B$ eveneens een blokvormige spanning, die echter verschilt ten opzichte van de stuurspanning van het relais.




**Figuur 3/8.1.12-7:** De meetopstelling voor het testen van de schakelsnelheid van een relaiscontact.

Wordt er spanning op het relais gezet, dan wordt het anker met enige vertraging aangetrokken. Die vertraging wordt veroorzaakt door de massatraagheid van het anker en de inductieve eigenschappen van de relais-spoel. De stijgende flank van de geschakelde spanning is dus iets in tijd vertraagd ten opzichte van de stuurspanning van het relais en is dus op het scherm van de oscilloscoop iets naar rechts verschoven.

Wordt de stuurspanning uitgeschakeld, dan heeft het anker weer enige tijd nodig om af te vallen. Dat betekent dat ook de dalende flank van de schakelspanning iets is verschoven ten opzichte van die van de stuurspanning.

De beide vertragingen kunnen worden beschreven en geven daarmee het dynamische schakelgedrag van een relais weer.

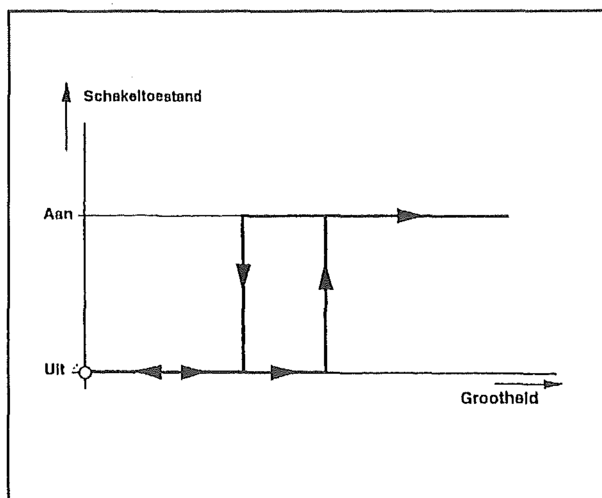
Ook microschakelaars, zowel mechanisch gestuurde als handbediende typen, hebben als gevolg van hun verende contacten nogal specifieke eigenschappen met betrekking tot de schakelsnelheid. De veer van het contact versnelt namelijk de beweging van het contact met een gedefinieerde snelheid, die nauwelijks afhankelijk is van de snelheid van de extreme sturing.

Bij schakelaars met een wisselcontact is het gemakkelijk om de schakelsnelheid te bepalen door de beide vaste contacten met massa te verbinden en via een weerstand een spanning op het schakelcontact te plaatsen. Met een oscilloscoop wordt het signaal op het bewegende contact ten opzichte van massa gemeten. De lengte van de puls is dan de maatstaf voor de schakelsnelheid. Overigens kan voor deze meting een geheugenoscillocoop goede diensten bewijzen, omdat het om het meten van eenmalige gebeurtenissen gaat.

Bij microschakelaars met een enkel contact-paar is een dergelijke methode niet bruikbaar. In dit geval moet de beweging van het bedieningsmechanisme nauwkeurig gedefinieerd en beheerst worden, hetgeen meestal door een optisch of een

ander contactpaar wordt uitgevoerd. In ieder geval moet de hulpschakeling, die de bedieningstoestand meet, zo exact mogelijk zijn afgeregeld om voldoende nauwkeurige meetresultaten te kunnen verkrijgen.

**De schakelhysteresis**
Iedere schakelaar schakelt na het bereiken van een bepaalde waarde van de stuurgrootheid (elektrisch of mechanisch) naar de andere toestand. Bij veel schakelaars, bijvoorbeeld ook bij schakelaars met een verende contactbediening, wordt de begintoestand bij het verkleinen van de stuurenergie niet meteen bereikt, maar juist pas na het bereiken van een veel kleinere waarde. Uit de grafiek van figuur 3/8.1.12-8 is dit effect duidelijk te herleiden.
Bij schakelaars met verende contacten en vergelijkbare schakelaars is die hysteresis zelfs gewenst, omdat het in een stabielere schakeltoestand resulteert.

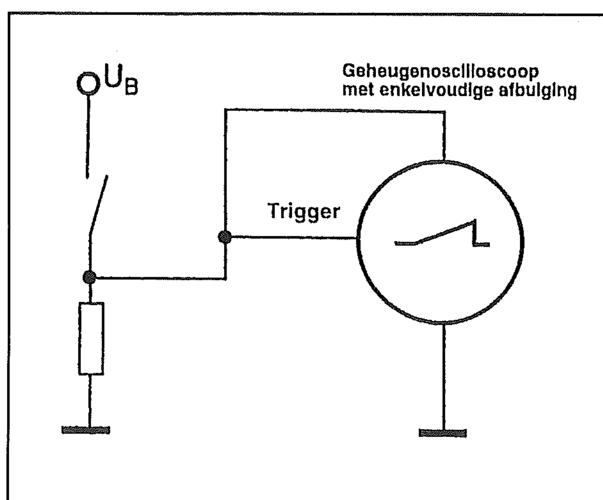



**Figuur 3/8.1.12-8:** De eigenschap "schakelhysteresis" grafisch toegelicht.

Voor mechanische schakelaars met een aparte bedieningshendel of -arm kan de hysteresis worden gespecificeerd als de afstand die de sturende hendel moet afleggen om van de ene in de andere vaste toestand van de schakelaar te komen.
Bij relais is eveneens sprake van een hysteresisgedrag, omdat voor het vasthouden van het anker minder stroom door de spoel nodig is dan voor het aantrekken ervan.
De omschakelpunten en daarmee de hysteresis zijn meestal afhankelijk van de temperatuur, zodat bij het opgeven van de hysteresis ook een opgave van de temperatuur van belang is. Het is echter lang niet altijd eenvoudig om de drift als gevolg van de temperatuur te bepalen.
De schakelhysteresis kan overigens zonder een tijdvariabele worden omschreven. Eigenlijk is de hysteresis dus geen dynamische eigenschap van een schakelaar.

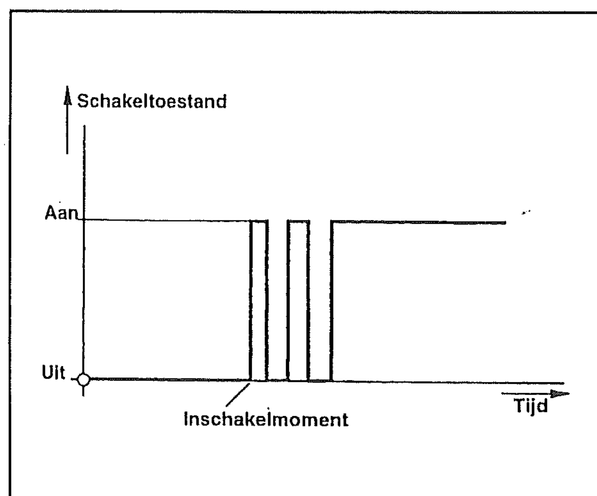
**De contactdender**
Bij mechanische contacten doet zich tijdens het schakelen meestal het zogenoemde "denderen" of "bounces" voor. Bij het sluiten van de schakelaar is het eigenlijke schakelproces nog niet afgesloten, want het sluitende contact veert nog een paar keer terug tot het tot rust komt en het contactpaar gesloten blijft. Dit effect treedt overigens ook op bij schakelaars met veerbekrachtigde schakelsturing. Dit denderen moet in de meeste gevallen onderdrukt worden door achter de schakelaar een elektronische schakeling op te nemen. Wordt namelijk bijvoorbeeld een eenvoudige schakelaar gebruikt voor het aansturen van een gewone flip-flop, dan wisselt die van toestand bij iedere flank van de pulstrein tijdens het denderen. Wordt op de betreffende flipflop een teller aangesloten, dan worden de pulsen van de contactdender zelfs geteld. Het aantal door dender veroorzaakte pulsen is niet constant en verschilt per

type schakelaar en per exemplaar. Bovendien is de dender afhankelijk van de temperatuur.
In figuur 3/8.1.12-9 is de testschakeling te zien voor het meten van de contactdender. De belangrijkste grootheid is de zogenoemde "dendertijd", die belangrijk is voor het berekenen van de discriminatorschakeling die de dender neutraliseert.




**Figuur 3/8.1.12-9:** Het meten van de dender van een schakelaar.

Het dendergedrag kan ook worden gemeten met behulp van een PC-gestuurd meetsysteem. De parallelle poort van de PC kan gemakkelijk zodanig worden geprogrammeerd dat deze de schakelpulsen op een van zijn ingangen kan registreren en weergeven.
In figuur 3/8.1.12-10 is het gedrag in relatie tot de tijd van een dergelijk gemeten signaal weergegeven.
Contactdender is normaal gesproken een ongewenst effect. Bij mechanische schakelaars kan het effect sterk worden gereduceerd door de contacten van kwik te voorzien. Tijdens het denderen van de contacten blijft door de adhesie/cohesie-eigenschappen van het kwik een soort bruggetje van kwik tussen de iets uit elkaar gaande contacten staan, dat voor een permanente geleiding na inschakelen zorgt.




**Figuur 3/8.1.12-10:** Het typische verschijnsel van contactdender, weergegeven op het scherm van een geheugenoscilloscoop.

Een andere methode om de effecten van contactdender te onderdrukken, is gebruik maken van elektronische hulpmiddelen. Er moet dan wel een schakelaar met een wisselcontact worden gebruikt, waarmee de statische ingangen van een flip-flop worden gestuurd.
In aanvulling op de dendertijd of denderduur kan ook een denderconstante of denderaantal worden gegeven, dat met behulp van een pulsteller kan worden bepaald. Deze grootheid is echter niet zo zinvol voor de bepaling van tegenmaatregelen.

**De inschakelstroom**

Voor de volledigheid moet hier ook nog de inschakelstroom worden genoemd, hoewel die grenswaarde eigenlijk geen meetbare grootheid is, maar slechts een benaderde grootheid die voor de bescherming van de contacten dient. Tijdens de bediening van de schakelaar komen de

contacten in beweging, waardoor er bij het vloeien van een stroom door de contacten een vonk kan ontstaan. De door de vonk ontstane erosie haalt materiaal van de contacten af. Hoe hoger de stroom is, des te heviger is dit effect. Om de eigenschappen van de schakelaar gedurende langere tijd te verzekeren mag de inschakelstroom niet worden overschreden.

**De duurstroom**
Het verhaal ziet er anders uit voor de duurstroom of continue stroom, die door het contactpaar loopt als dit gesloten is. Hierbij speelt niet de hoge temperatuur als gevolg van vonken een rol, maar de warmte-ontwikkeling in de contacten zelf. Er mag niet worden vergeten dat de overgangsweerstand tussen de gesloten contacten niet mag worden verwaarloosd. Bij kleine contacten ontstaat een enorme warmte-ontwikkeling als de schakelaar bij de maximaal toelaatbare stroom wordt gebruikt. De maximale temperatuur mag de contacten en het omliggende materiaal niet beschadigen of sneller laten verouderen.

**De uitschakelstroom**
Meer nog dan de inschakelstroom is de uitschakelstroom de meetkritische grootheid. Tijdens het inschakelen wordt de vonkvorming hoofdzakelijk bepaald door de contactdender, terwijl tijdens het uitschakelen de contacten bewust uit elkaar worden gehaald. Er kan dus een grotere vonk ontstaan dan bij het inschakelen.
Voor het schakelen worden stromen onderscheiden in zuiver ohmse en inductieve belastingen. Voor de laatste is de maximale uitschakelstroom beduidend lager dan voor de eerste, omdat de schakelvonk bij dezelfde stroom veel groter is als gevolg van de zelfinductie.

**De schakelspanning**
De schakelspanning is eveneens een grootheid die voor de beoordeling van de dynamische eigenschappen van een schakelaar van belang zijn. Deze is samen met de te schakelen stroom verantwoordelijk voor de eigenschappen van de te veroorzaken vonk. Bij veel schakelaars worden daarom ook meerdere waarden voor combinaties van stroom en spanning gegeven, zodat voor de toepassing kan worden beoordeeld of er geen grenswaarden worden overschreden.

**De doorslagspanning**
Bij een geopende schakelaar staat de maximale spanning over de contacten. Dat betekent dat er tussen de schakelelektroden een elektrisch veld wordt opgebouwd. Wordt dit elektrische veld te groot, dan kan het gebeuren dat de schakelaar doorslaat en gedurende die tijd dus stroom doorlaat.
Daarnaast kunnen er bij een bepaalde spanning, als gevolg van het elektrische veld, kruipstromen vloeien, die dan uiteindelijk weer tot het doorslaan van de schakelaar kunnen leiden.
De doorslagspanning is derhalve de maximale spanning die onder normale gebruiksomstandigheden over de schakelcontacten mag staan, zonder dat daarbij kruipstromen of zelfs overslag kunnen optreden.
Veel schakelaars worden toegepast in een wisselspanningsomgeving. De doorslagspanning die voor gebruik met wisselspanning wordt opgegeven, wordt gedefinieerd door ten minste de dubbele waarde van de amplitude (maximale spanning) van de wisselspanning. Dat wil dus zeggen dat bij 250 V wisselspanning een schakelaar een doorslagspanning van ten minste 1,4 x 250 V = 350 V moet hebben.

**8.1 Grondbeginselen van de meettechniek**

Als een schakelaar niet volgens bijvoorbeeld VDE, IEC of KEMA voor gebruik met netspanning is gecertificeerd, wil dat nog niet zeggen dat hij niet geschikt is voor die toepassing en dus zal doorslaan. Formeel is het niet toegestaan om dergelijke schakelaars toe te passen. Bij schadeclaims als gevolg van het gebruik van een dergelijke schakelaar kan de gebruiker van de schakelaar mogelijk aansprakelijk worden gesteld.

# 3/8.1.13

# Verkleinen en compenseren van meetfouten

## Inleiding

**Nauwkeurig meten is belangrijk**
Het toepassen van de meettechniek in het algemeen speelt tijdens het foutzoeken uiteraard een belangrijke rol. Uit de gemeten waarden kunnen immers de juiste conclusies worden getrokken met betrekking tot de toestand van de schakeling of ze geven informatie over de slechte werking ervan. Het is voor de hand liggend dat hiervoor de gemeten waarden of reeksen waarden een zo groot mogelijke nauwkeurigheid moeten hebben. Ze moeten dus overeenstemmen met de werkelijke situatie in de schakeling, zonder invloed van de meetapparatuur. Is dat niet het geval, dan weerspiegelen de gemeten waarden een onjuiste situatie, waaruit verkeerde conclusies kunnen worden getrokken.

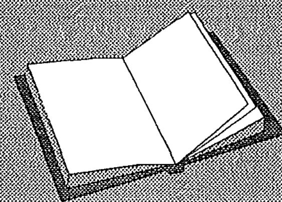
**Meetfouten zijn niet uit te sluiten**
Toch houdt iedere meting per definitie een bepaalde meetfout in. Meten zonder fout is zelfs theoretisch uitgesloten! De oorzaken van meetfouten kunnen in twee categorieën worden verdeeld, namelijk:
- de systematische meetfouten;
- de statistische meetfouten.

Deze openbaren zich op totaal verschillende manieren en ook het voorkomen en behandelen ervan loopt sterk uiteen.

In dit hoofdstuk wordt wat nader op dit onderwerp ingegaan.

**Systematische meetfouten**
Systematische meetfouten zijn afwijkingen in de gemeten waarden ten opzichte van de werkelijke waarden die worden bepaald door de opbouw van de schakeling of door de meetopstelling in het algemeen. De eindige inwendige weerstand van een spanningsmeter beïnvloedt bijvoorbeeld het meetresultaat zodanig dat altijd een te kleine waarde van de spanning wordt gemeten. Hierbij moet worden opgemerkt dat met een meetinstrument met voldoende nauwkeurigheid, de door het instrument aangegeven waarde wel degelijk de werkelijke waarde op het moment van de meting aangeeft. Voor en na de meting is er echter sprake van een andere waarde. Het meten beïnvloedt dus dat wat gemeten wordt!

**LEES OOK:**
Hoofdstuk 3/8.1.3
Hoofdstuk 3/8.1.4
Hoofdstuk 3/8.1.5



Er zijn veel situaties mogelijk waarin tijdens de meting een andere toestand heerst dan voor de meting. In feite bestaat er helemaal geen mogelijkheid om de invloed van de meetinstrumenten op de meting volledig te voorkomen.

**Statistische meetfouten**

Naast de systematische meetfouten zijn er nog andere typen meetfouten, die worden veroorzaakt door kortstondige afwijkingen in het systeem. Dat wil zeggen dat kleine invloeden, die met de tijd variëren, hun uitwerking hebben op het meetresultaat. Anders gezegd: de te meten waarde wordt met behulp van een meetsysteem op een aanwijsinstrument overgebracht, waarbij echter de laatste plaatsen achter de komma bij een digitaal meetinstrument en de onderverdeling van de schaal bij een analoog instrument geen vaste waarde aangeven maar constant iets variëren, afhankelijk van toevallige invloeden.

## Systematische meetfouten

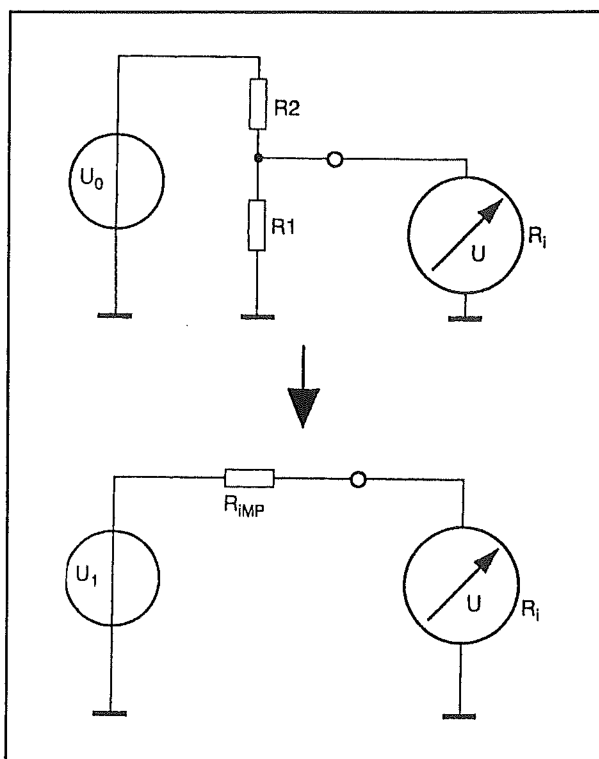
**Inleiding**

In de volgende paragraafjes worden typisch voorbeelden van systematische meetfouten behandeld bij het meten van diverse grootheden.

## Spanningen meten

**Spanning meten met de standaard methode**

Een van de belangrijkste metingen is de spanningsmeting. Eerder in dit hoofdstuk is reeds opgemerkt dat de eindige inwendige weerstand van een spanningsmeter een systeemafhankelijke invloed heeft. In figuur 3/8.1.13-1 is de algemeen geldende vervangende schakeling van die situatie weergegeven.



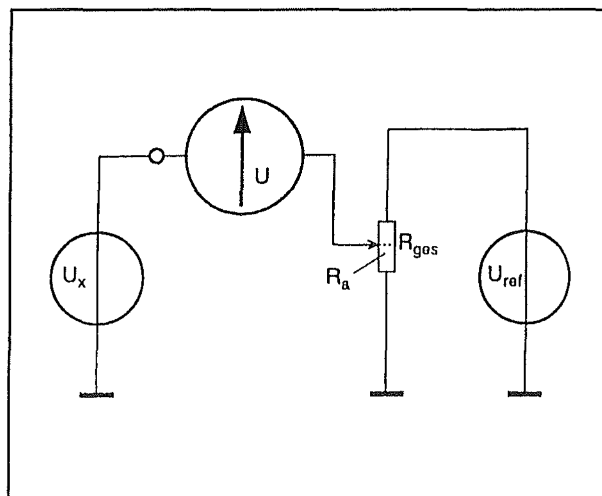

**Figuur 3/8.1.13-1:** Het ontstaan van systematische meetfouten bij het meten van spanningen.

Een spanningsmeting over weerstand R1 (bovenste schema) verandert de situatie als gevolg van de inwendige weerstand $R_i$ van de spanningsmeter. De parallelschakeling van deze inwendige weerstand verandert de effectieve weerstand tussen de uiteinden van R1, zodat ook de spanning over dit deel van de spanningsdeler kleiner wordt. De spanningsbron en de beide weerstanden kunnen ook worden beschouwd als een effectieve inwendige weerstand $R_{IMP}$ van een spanningsbron met een bepaalde onbelaste bronspanning U1 (onderste schema).

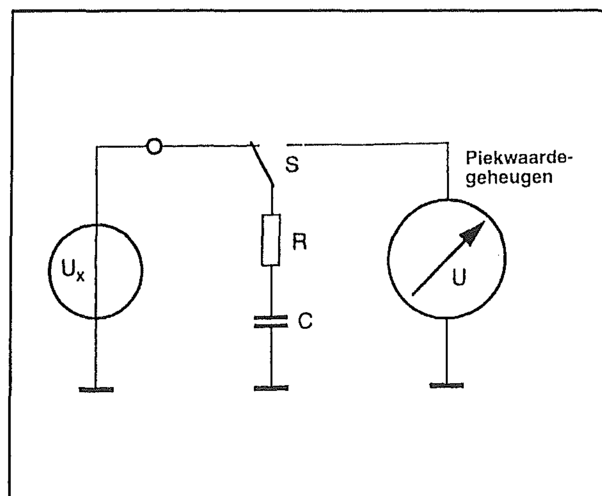
De relatieve meetfout zal bij een spanningsmeting, als gevolg van het systeem, altijd negatief zijn. Dat wil zeggen dat de gemeten waarde te klein is.

**Opmerking**
Dat geldt natuurlijk alleen voor een statische ohmse situatie. Schakelingen met capacitieve en inductieve impedanties kunnen zich anders gedragen en een totaal andere reactie van het meetinstrument tot gevolg hebben. Denk maar eens aan de situatie van een oscillatorspanning die op een gelijkspanning staat en wegvalt op het moment dat het meetinstrument in de schakeling wordt aangebracht. Dat geeft natuurlijk een volledig nieuwe situatie!

**Spanningsmeting volgens de compensatie methode**
Een geheel andere methode voor het meten van spanning is gebaseerd op het compensatie principe. Dit principe wordt in figuur 3/8.1.13-2 geschetst. De bedoeling is de onbekende spanning $U_x$ te meten. Er moet een nauwkeurige spanningsbron $U_{ref}$ worden ingeschakeld, die wordt afgesloten met een nauwkeurig in te stellen geijkte potentiometer $R_a$. Gemeten wordt nu met een zogenoemde "nulindicator", een meetinstrument dat een kleine positieve of negatieve afwijking van 0 V zeer nauwkeurig kan meten. De nulindicator geeft alleen de waarde nul aan als de compensatieweerstand $R_a$ zodanig is afgeregeld dat er tussen de brugknooppunten geen potentiaalverschil meer aanwezig is. In die situatie, dus met afgeregelde meetbrug, vloeit er ook geen stroom meer door de nulindicator en is het meetpunt in de te onderzoeken schakeling theoretisch onbelast. Men kan nu de spanning $U_x$ bepalen door de waarde $U_{ref}$ te vermenigvuldigen met de ingestelde verzwakking op de geijkte potentiometer $R_a$. Staat de referentiebron ingesteld op 10,000 V en de verzwakker op 0,68, dan zal de te meten spanning gelijk zijn aan 6,80 V. Hoe exact de nulindicator in werkelijkheid op nul staat, hangt in de praktijk af van de kwaliteit en de precisie van de nulindicator. Een belangrijke rol wordt daarbij door de offset gespeeld. Verder zijn voor de nauwkeurigheid van de meting de tolerantie en de drift van de referentiespanning van belang.




**Figuur 3/8.1.13-2:** Het principe van de compensatie.




**Figuur 3/8.1.13-3:** Spanningsmeting met de geheugen methode.

### Spanningsmeting met de geheugen methode

De derde methode voor spanningsmeting die hier wordt beschreven, maakt gebruik van een condensator als analoog geheugenelement. Het principe is geschetst in figuur 3/8.1.13-3. Via een stroombegrenzingsweerstand R wordt de condensator C opgeladen tot bijna de spanning op het meetpunt $U_X$. De laadfase moet daarbij lang genoeg duren ten opzichte van de tijdconstante van het RC-netwerk. Voor een meetfout van minder dan 1 % moet de laadfase ten minste vijf keer de RC-tijd bedragen. Nadat de spanning over de condensator de te meten spanning voldoende is genaderd, kan de schakelaar S worden omgezet, zodat het meetinstrument de onbekende spanning kan meten.
De capaciteit moet samen met de inwendige weerstand van de spanningsmeter een zo groot mogelijke tijdconstante hebben, zodat de meting van de spanning zo correct mogelijk kan functioneren. Analoge meetinstrumenten zijn daarvoor minder geschikt, omdat door de eindige inwendige weerstand de spanning direct in elkaar zakt.
Moderne digitale meetinstrumenten hebben daarentegen meestal een piekspannings-functie, die digitaal werkt. Daarbij wordt de hoogste spanning steeds zolang weergegeven tot die wordt overschreden door een nieuwe waarde.
Na het opladen van de condensator wordt de te meten spanning niet meer belast. De compensatie wordt in tegenstelling tot de meetbrugmethode vanzelf ingesteld.

### Opmerkingen

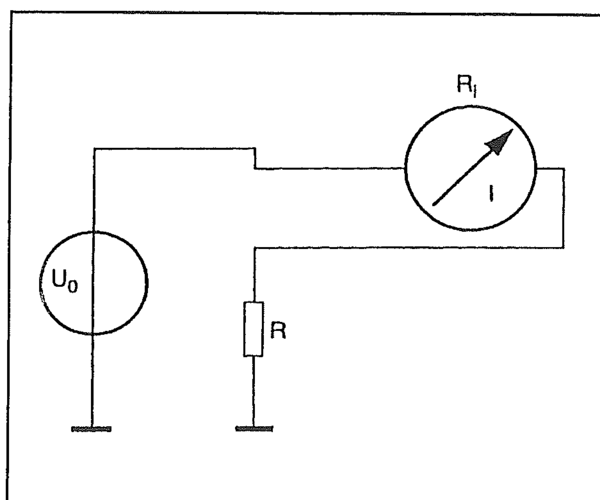
Alle genoemde methoden hebben natuurlijk hun specifieke beperkingen met betrekking tot nauwkeurigheid, geschiktheid en gebruiksgemak.

# Stromen meten

### Stroommeting met de standaardmethode

Ook bij stroommetingen ontstaan systematische meetfouten. Dat heeft te maken met het gegeven dat de inwendige weerstand van de stroommeter niet gelijk is aan nul, maar altijd een zekere restwaarde heeft. Wordt een stroommeter in een te meten stroomkring aangebracht, dan zal niet exact dezelfde stroom vloeien als daarvoor, maar als gevolg van de iets grotere totale weerstand een iets kleinere stroom.
In figuur 3/8.1.13-4 is het standaard principe van een stroommeting door een zuiver ohmse weerstand R getekend. In het geval van een eenvoudige stroommeting moet eerst een onderbreking in de stroomkring worden gemaakt, zodat de meter erin kan worden aangebracht. Met de inwendige weerstand van de meter $R_i$, de bronspanning $U_o$ en de belasting R, wordt de stroom door de meter:

$$I = U_o / (R + R_i)$$




**Figuur 3/8.1.13-4:** De standaard methode voor het meten van een stroom.

Volgens de systematiek van de stroommeting ontstaan er altijd te kleine waarden. De systematische meetfout zal dus altijd een negatieve waarde hebben.

**Stroommeting volgens het contactloos principe**

Een betere methode voor het meten van de stroom door een geleider wordt uitgevoerd zonder een galvanische scheiding (onderbreking) in de geleider aan te brengen. Voor de bepaling van de stroom wordt de magnetische veldsterkte om de geleider gemeten. Die is immers proportioneel met de stroom door de geleider en het aantal geleiders, dat in dit geval altijd 1 is.
Het veld veroorzaakt in een gedefinieerde ferromagnetische ringkern, die de geleider volledig omsluit, een veld dat verder wordt verwerkt.
Bij wisselstroommetingen wordt de meting van het wisselende veld uitgevoerd door het meten van de spanning die optreedt in een om de kern gewikkelde spoel. De spoelspanning wordt versterkt en aan een meetinstrument toegevoerd.
Bij gelijkstroom ontstaat in de ringkern een kortstondig constant veld, dat echter niet door een spoel om de kern kan worden gedetecteerd. Het meten van de magnetische veldsterkte in de kern moet in dat geval dus op een andere wijze worden uitgevoerd.
Dat kan worden gedaan met behulp van een Hall-generator. Een Hall-generator bestaat uit een plaatje halfgeleidermateriaal, waardoor in de lengterichting een gedefinieerde gelijkstroom vloeit. Wordt loodrecht op het plaatje een magnetische stroom gezet, dan ontstaat een afbuiging van de ladingsdragers in de dwarsrichting, die door twee elektroden als spanning kan worden afgenomen. Die spanning wordt de Hall-spanning genoemd. Deze spanning is uiterst nauwkeurig proportioneel met de magnetische veldsterkte. Als tang uitgevoerde gelijkstroommeters zijn vaak voorzien van een afregelsysteem, waarmee offset als gevolg van het aardmagnetische veld kan worden gecompenseerd.
Met de zojuist besproken tang-stroommeters kunnen in de praktijk over het algemeen alleen stromen ter grootte van enkele ampères worden gemeten.
De meting met de stroomtang beïnvloedt het meetresultaat in een te verwaarlozen mate, zodat hierbij geen sprake is van een systematische meetfout als gevolg van de meetopstelling. Daar staat echter tegenover dat de gevoeligheid niet bijzonder groot is. Bij gelijkstroommetingen met Hall-sensoren kan de temperatuur de gemeten waarde beïnvloeden.

# Weerstanden meten

**Weerstandsmeting door stroommeting**

Voor de meting van een weerstandswaarde met een analoge multimeter worden verschillende methoden toegepast. Eenvoudige analoge multimeters werken volgens het stroomprincipe, waarbij door het verbinden van de twee meetpennen een instelbare stroom een volledige uitslag van het meetinstrument tot gevolg heeft, die overeenkomt met 0 Ω.
Worden de meetklemmen niet met elkaar verbonden, dan slaat de wijzer niet uit en is de weerstand oneindig hoog. Aangezien de schaal van nul tot oneindig loopt, kan de schaal geen lineaire verdeling krijgen. De kalibratie op 0 Ω wordt normaal gesproken met een potentiometer uitgevoerd, die de voorschakelweerstand of de stroomverdeling instelt. Eigenlijk wordt

daarmee alleen de spanningsschommeling van de batterij gecompenseerd. De schaal is daarbij alleen correct voor een enkele waarde van de spanning en de bijbehorende instelling van de potentiometer. Voor alle andere batterijspanningen treden grote of kleine fouten op, ondanks een correcte nulpuntinstelling. Over de kwantiteit van de fout kan echter moeilijk iets worden gezegd, omdat die immers vooral van de weerstand zelf afhankelijk is. Ter controle kan echter een weerstand worden gekozen waarvan de waarde in het midden van de schaal ligt. Een weerstand met een tolerantie van 1 % geeft meteen duidelijkheid over mogelijke ontoelaatbare afwijkingen van de batterijspanning.

**Weerstandsmeting door spanningsmeting**

Weerstandsmetingen met digitale multimeters werken meestal op basis van een gedefinieerde constante stroombron. De spanning die over de te testen weerstand valt, is dan de maat voor de weerstandswaarde.
Hierbij ontstaan geen systematische meetfouten, omdat het immers om een heel directe spanningsmeting gaat. Natuurlijk zijn er tal van factoren die kunnen leiden tot meetfouten, zoals de nauwkeurigheid van de stroombron, de spanningsmeting, enzovoort.

**Weerstandsmeting door compensatie**

Voor exacte weerstandsmetingen is met name de compensatiemethode, die met behulp van een meetbrug werkt, bijzonder geschikt. Ook hierbij doen zich geen systematische meetfouten voor. Bovendien is er geen afhankelijkheid van de voedingsspanning en is er geen sprake van toleranties in het meetsysteem. Daarentegen staat of valt de nauwkeurigheid met de nauwkeurigheid van de weerstanden in de meetbrug.

# Signaalvormen meten

**Inleiding**

In de signaalverwerkende techniek is men hoofdzakelijk geïnteresseerd in het gedrag van een spanning als functie van de tijd, zoals dat met een oscilloscoop kan worden weergegeven.
De verticale afbuiging van de lichtstraal naar het scherm van de oscilloscoop komt daarbij overeen met het principe van de spanningsmeting of stroommeting als een meetweerstand wordt gebruikt. Daarom ontstaat bij een eenvoudige spanningsmeting met de oscilloscoop ook een systematische meetfout door de belasting van de oscilloscoop in de te meten schakeling. Naast de zuiver ohmse belasting vormt de oscilloscoop ook nog een capacitieve belasting. De signaalvorm, als die afwijkt van de zuivere sinusvorm, wordt alleen correct weergegeven als de inwendige weerstand van het te meten object gelijk is aan nul of als de capaciteit wordt gecompenseerd. Dat laatste is in de praktijk niet mogelijk, omdat de grootte ervan niet is te bepalen.

**De gecompenseerde verzwakker**

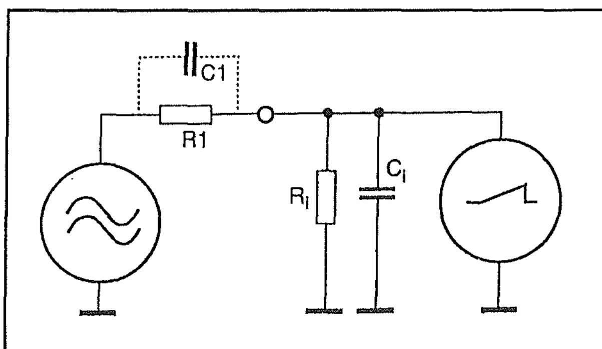
In figuur 3/8.1.13-5 is het meetobject afgebeeld als een spanningsbron met een discrete inwendige weerstand R1. De ingang van de oscilloscoop kan voorgesteld worden door de parallel schakeling van een hoge weerstand $R_i$ en een kleine condensator $C_i$. In dit eenvoudige geval zou alleen een condensator C1 parallel aan de inwendige weerstand R1 van de spanningsbron moeten worden geplaatst om

de spanningsvorm correct te kunnen weergeven. Er ontstaat dan een wat genoemd wordt "gecompenseerde verzwakker" tussen de te meten spanning en de meetschakelingen van de oscilloscoop. De capaciteit moet daarbij de volgende waarde hebben:

**$C1 = C_i * (R_i/R1)$**

**Praktische uitvoering**

In de praktijk is het uiteraard erg moeilijk om over de inwendige weerstand van de meetbron een condensator te schakelen. Vandaar dat gecompenseerde meetprobes worden toegepast. Het gehele systeem C1, R1, $R_i$ en Ci is hierin geïntegreerd. Als men voor R1 een grote waarde kiest zal men de inwendige weerstand van de spanningsbron kunnen verwaarlozen ten opzichte van deze veel en veel grotere serieweerstand.



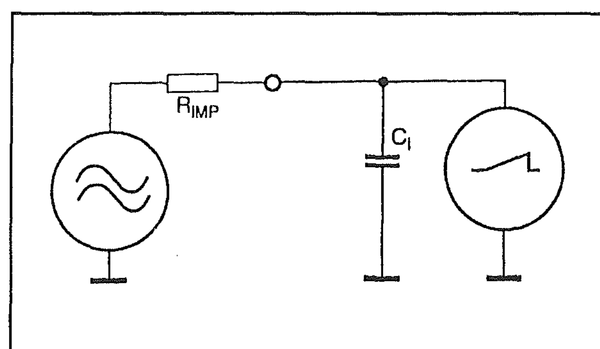

**Figuur 3/8.1.13-5:** Het principe van de gecompenseerde verzwakker.

De condensator C1 wordt meestal in de meetkop van de oscilloscoop aangebracht, waarbij de weerstand $R_i$ een gegeven constante waarde heeft.

**Gedrag bij hoge frequenties**

De beide weerstanden in figuur 3/8.1.13-5 kunnen als één enkele effectieve weerstand worden samengevat. Formeel kunnen ze als parallel geschakeld worden beschouwd. De amplitude Uo moet hier echter worden gereduceerd volgens de spanningsdeler $R1/R_i$

Zo ontstaat de vervangende schakeling uit figuur 3/8.1.13-6. De weerstand $R_{IMP}$ is gelijk aan de parallelschakeling van de twee weerstanden uit figuur 3/8.1.13-5.



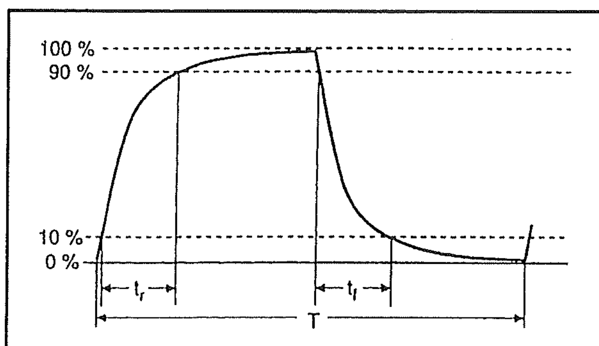

**Figuur 3/8.1.13-6:** De vervangingsschakeling van figuur 3/8.1.13-5.

Tussen de signaalbron die gemeten moet worden en de ingang van de oscilloscoop staat u opeens een "prachtig" laagdoorlaat filtertje! Men kan vervolgens onderzoeken hoe een rechthoeksignaal dat door de signaalbron geleverd wordt op het scherm van de oscilloscoop verschijnt. Een door een laagdoorlaatfilter gedegenereerd rechthoeksignaal kan volgens de in figuur 3/8.1.13-7 aangegeven stijg- en afvaltijd en periodeduur worden beschreven.

Als stijgtijd is de tijdsduur gedefinieerd die nodig is om het signaal van 10 % naar 90 % van de eindwaarde te laten stijgen.

Van het mooie rechthoekvormige signaal dat door de bron geleverd wordt blijft dus niet veel over! Dit effect wordt nog sterker als de inwendige weerstand van de spanningsbron op het meetpunt groter wordt. Voor de ingangsimpedantie van een oscilloscoop is 1 MΩ gebruikelijk, met een capaciteit van 10 pF.

De zuivere inwendige weerstand van de schakeling op het meetpunt R1 is helaas niet altijd zo gemakkelijk te bepalen, met name als er een signaalspanning staat. De impedantie kan echter worden bepaald met behulp van een variërende belasting parallel aan de oscilloscoop.




**Figuur 3/8.1.13-7:** Het effect van de verzwakker op de weergave van een snelle impuls.

**Systematische fouten op de tijdas**

Voor de correcte weergave van het signaal is natuurlijk ook de tijdas van de oscilloscoop van belang. Voor de nauwkeurigheid van de tijdas is de horizontale afbuiging verantwoordelijk. Fouten worden zowel veroorzaakt door kortstondige afwijkingen als door de gemiddelde afwijking van de afbuigsnelheid. Bij een kortstondige afwijking van de gewenste afbuigsnelheid wordt in de video-techniek gesproken van een afwijking in de horizontale lineariteit als er sprake is van een gelijkblijvende vorm van de afbuigspanning. Natuurlijk zijn er ook piekvormige afwijkingen in de afbuigspanning denkbaar, zoals die door ruis kunnen worden veroorzaakt. Om een goede lineariteit te kunnen verkrijgen moet het afbuigsignaal vaak afwijken van het lineaire zaagtandvormige signaal, zodat geometrische gegevens, zoals de kromming van het beeldscherm, worden gecompenseerd. Is bij het ontwerp van de oscilloscoop met deze factoren rekening gehouden, dan hoeft men in principe geen rekening te houden met fouten in de horizontale afbuiging. Er zijn natuurlijk wel de gebruikelijke onnauwkeurigheden als gevolg van een niet optimale kalibratie, maar die zijn meestal met behulp van ijksignalen te corrigeren of in te schatten. Fouten en toleranties in de horizontale afbuiging zijn verder volledig onafhankelijk van het te meten object, de inwendige weerstand ervan, enzovoort. Er mag echter niet worden vergeten dat de fouten afhankelijk zijn van de gekozen afbuigsnelheid (tijdbasisinstelling).

**Meten met Z-modulatie**

Om de systematische fouten van de afbuiggenerator van de oscilloscoop uit te schakelen kan men werken met Z-modulatie. Dit principe wordt vaak helderheidsmodulatie genoemd. Hierbij wordt met een met de afbuiging gesynchroniseerde nauwkeurige oscillator de helderheid van de straal gestuurd via de Z-ingang. Het hieruit ontstane streepjespatroon geeft dan meetgegevens over tijdsintervallen. De hierbij ontstane meetfouten kunnen dan alleen worden herleid tot de onnauwkeurigheden in de frequentie van de generator en hebben niets meer te maken me de systematische fouten van de oscilloscoop.

# Reductie van de systematische meetfout

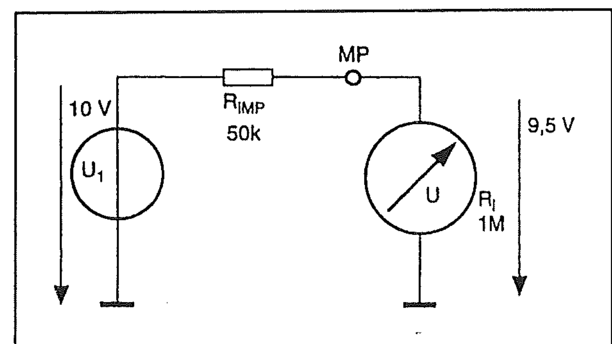
**Inleiding**

Door reduceren van de systematische meetfout wordt de nauwkeurigheid van de meting een stuk verbeterd. Bijvoor-

beeld bij de standaard spanningsmeting worden meetinstrumenten met een hoge inwendige weerstand gebruikt. Voor een stroommeting daarentegen worden instrumenten met een zo laag mogelijke inwendige weerstand ingezet.
Zijn meetpunten met een lagere inwendige weerstand beschikbaar, dan hebben die de voorkeur, mits de gewenste informatie dezelfde is.
Er zijn echter ook alternatieve meetmethoden voor spanning- en stroommeting, maar die zijn meestal niet zo gemakkelijk uit te voeren en zijn vaak minder gevoelig. Inmiddels zijn er ook mogelijkheden om de inwendige weerstand bij spanningsmeters te vergroten en bij stroommeters te verkleinen.

**Spanningsmeting**
Als voorbeeld wordt hier de spanningsmeting besproken. Hierbij wordt uitgegaan van een multimeter met een inwendige weerstand van 1 MΩ. Wordt daaraan een voorschakelweerstand van 9 MΩ toegevoegd, dan wordt de totale inwendige weerstand met een factor 10 vergroot. Het meetbereik wordt echter met dezelfde factor vergroot, de gevoeligheid van de meter wordt dus lager.
Daarbij kunnen fouten ontstaan als gevolg van een onjuiste kalibratie. Als gevolg van een geringere uitslag van de wijzer, dus een minder effectief gebruik van de schaal, ontstaan afleesfouten. Door berekening moet worden beoordeeld of deze fouten opwegen tegen de verminderde meetfout als gevolg van een kleinere belasting in de te meten schakeling.

**Compensatie door interpretatie**
In plaats van het verkleinen van de systematische fouten kunnen ze ook gewoon op de koop toe worden genomen, als ze kwantitatief te beoordelen zijn. Met behulp van wat eenvoudige wiskunde kan dan een correctie van de gemeten waarde worden uitgevoerd. Ter verduidelijking volgt hier een voorbeeld. Bij een spanningsmeting met een multimeter met een eindige inwendige weerstand wordt een waarde gemeten van $U_M$ = 9,5 V. De inwendige weerstand van de multimeter is $R_i$ is 1 MΩ en de inwendige weerstand van de te meten spanningsbron is 50 kΩ. De meetopstelling is weergeven in figuur 3/8.1.13-8.




**Figuur 3/8.1.13-8:** Compensatie door interpretatie.

Men kan vrij gemakkelijk aantonen dat er een systematische fout van ongeveer 5 % ontstaat. Met deze fout moet de aangegeven waarde worden behandeld. De juiste waarde van de spanning op het meetpunt is dus 1 V.

**Meetfouten door onjuiste kalibratie**
Naast de belasting van het meetobject door het meetinstrument spelen nog andere effecten een rol bij het ontstaan van systematische meetfouten. Die hebben echter niets te maken met de meetopstelling of andere invloeden van buitenaf, maar kunnen voortkomen uit de onvolkomenheden van het meetinstrument zélf. Daarbij kan worden gedacht aan een onnauwkeurige kalibratie van het meet-

instrument, iets wat in de praktijk nogal eens voorkomt.

**Schalen en versterken**
Ieder meetinstrument beschikt over vaste of instelbare verzwakkers voor het vastleggen van een bepaalde versterkingsfactor of het kiezen van een bepaalde schaal. Een onjuiste instelling van of tolerantie in de ingangsverzwakker heeft tot gevolg dat er bij de reeds aanwezige fout een extra constante fout moet worden opgeteld.

**Offset**
De offset van een meetinstrument wordt gedefinieerd als de afwijking in de aanwijzing van de waarde nul bij een ontbrekende ingangswaarde of bij kortgesloten meetklemmen. Digitale en andere elektronische meetinstrumenten beschikken in het analoge deel van de schakeling meestal over een afregelmogelijkheid (potentiometer), waarmee bij het ontbreken van een ingangssignaal of kortgesloten meetklemmen de aanwijzing op nul kan worden ingesteld. De meeste moderne meetsystemen hebben echter een automatische offset-instelling.

**Drift**
Naast de offset is er nog het drift-effect. Dit is meestal afhankelijk van de temperatuur en kan niet alleen verantwoordelijk zijn voor een variërende offset, maar kan ook de versterking beïnvloeden. Drift is meestal het gevolg van bepaalde eigenschappen van de in het meetinstrument toegepaste componenten en kan maar zelden met behulp van trimmers worden gecompenseerd.

**Mechanische hulpmiddelen**
Mechanische aanwijsinstrumenten, zoals draaispoelmeters, beschikken meestal over een instelschroef waarmee de instelhoek van de bevestiging van de terugstelveer kan worden versteld, zodat ook het anker iets wordt verdraaid. De stelschroef bestaat meestal alleen uit een sleuf in een verstelbare aanhechting van de veer, die door een stelpen in de schroefkop wordt versteld, zodat het aanhechtingspunt van de veer (de stelarm) slechts over een kleine hoek kan worden verdraaid.
Na het bereiken van het nulpunt, liefst door parallaxvrij aflezen op een spiegelschaal, moet de stelschroef weer een fractie worden teruggedraaid, zodat de stelpen de stelarm niet meer raakt.

**Afregelmethoden**
Voor de instelling van de gevoeligheid en de ijking van de schaal van een meetinstrument zijn referentiebronnen beschikbaar. Daarbij moet er rekening mee worden gehouden dat de bron niet te zwaar wordt belast door het te ijken instrument. Referentiebronnen kunnen worden voorzien van impedantie-omzetters om de belasting van de bron te beperken. Toch moet men zich realiseren dat geen enkele operationele versterker vrij is van offset en drift, die echter door het kiezen van de juiste typen kunnen worden geminimaliseerd. Voor de afregeling van een spanningsmeter kan ook een tweede geijkte meter worden gebruikt. Dan kan een willekeurige, eventueel variabele, spanningsbron worden toegepast. Het ingestelde meetbereik moet zo laag mogelijk worden gekozen om de afregeling zo nauwkeurig mogelijk te kunnen uitvoeren. Voor de kalibratie van stroommeters kan een hoogohmige referentiestroombron worden gebruikt, die eventueel gemakkelijk zelf is samen te stellen uit een referentiespanning en een operationele versterker. Ook in dit geval kan gewoon

een tweede geijkt instrument worden gebruikt, dat in dit geval in serie wordt geschakeld. Weerstandsmeters kunnen met behulp van metaalfilmweerstanden (1 % of 0,5 %) worden getest.

# Specificaties van meetapparatuur

### Klasse

In veel overzichten van technische gegevens van meetinstrumenten met elektrodynamische meetsystemen staat het begrip "klasse". Met klasse wordt de procentuele aanwijsfout van de volledige schaaluitslag aangegeven.
Bij een klasse 2 instrument met een meetbereik van 10 V moet rekening worden gehouden met een fout van 0,2 V. Het gaat hierbij om een absolute fout en dus niet om een relatieve, van de meetopstelling afhankelijke fout. Alleen bij volledige uitslag van het meetinstrument is de relatieve fout 2 %, maar bij een uitslag tot halverwege de schaal is die al 4 %.

### Resolutie

Bij digitale meetinstrumenten speelt de resolutie een belangrijke rol. Het is een maatstaf voor de fijnheid van de kwantisering waarmee de analoge waarde wordt omgezet. De resolutie wordt hier in decimalen of in digits aangegeven. Bij decimalen vertegenwoordigt het hele getal die display's die tot 9 kunnen tellen. Het gebroken getal geeft aan hoe ver de hoogste plaats gaat. Daarbij wordt conform afspraak ervan uitgegaan dat ieder kwart het meetbereik verdubbelt. Een meetinstrument met een aanwijzing van 3,5 digits heeft dus een meetbereik van bijvoorbeeld 20,00 V, hoewel de aanwijzing maar tot 19,99 V gaat. Een meetinstrument met een aanwijzing van 3,75 digits geeft een bereik van bijvoorbeeld 40,00 V en dus een aanwijzing van 39,99 V. Als alternatief kan bij de specificatie van de resolutie het aantal digits (in de zin van cijferstappen) worden aangegeven. Voor 3,5 plaatsen zijn dat 2000 digits en voor 3,75 plaatsen 4000 digits. Tegenwoordig geven de fabrikanten voor de resolutie ook de kleinste verandering van de ingangsgrootheid aan, waarbij de laagste plaats van de aanwijzing verandert. Vanzelfsprekend hangt dat af van het ingestelde meetbereik.

### Nauwkeurigheid

De begrippen nauwkeurigheid en resolutie mogen niet worden verwisseld. Vaak kan de meetfout groter zijn dan de eenheid van de laagste digit. Dat doet er echter geen afbreuk aan dat deze plaats van groot belang is, bijvoorbeeld als tendensen moeten worden onderzocht. De nauwkeurigheid wordt bij digitale instrumenten meestal in procenten aangegeven. Deze relatieve meetfout heeft dan meestal betrekking op de eindwaarde van het meetbereik, net zoals bij analoge instrumenten. Als meetverschil moet natuurlijk altijd met 1 digit worden gerekend, dus een schommeling van 1 op de laatste plaats. Bovendien kan het aantal foutdigits ook hoger zijn, als dat in het gegevens blad is gespecificeerd.

# Statistische fouten

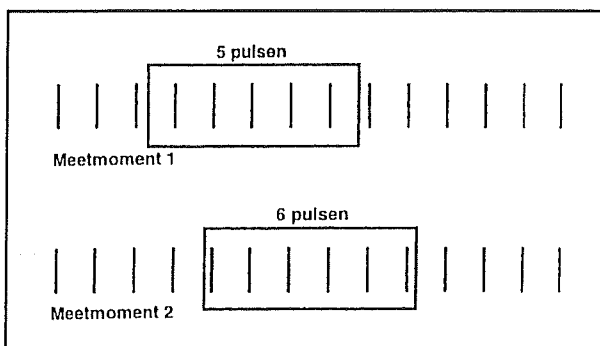
### Inleiding

De oorzaken van statistische meetfouten kunnen nogal uiteenlopen. Ze hebben echter één ding gemeen en dat is dat ze

niet van tevoren te berekenen zijn, dus zuiver op toeval berusten.
Bij elektronische digitale meetapparatuur moet rekening worden gehouden met bijvoorbeeld gecombineerde ruisspanningen, die de aanwijzing onvoorspelbaar kunnen vervalsen. Bij analoge meetinstrumenten speelt bijvoorbeeld de lagerwrijving van de draaispoelmeter een niet onbeduidende rol in de aangegeven waarde. Worden veel identieke metingen met dezelfde opstelling uitgevoerd, dan zullen in de meetresultaten verschillen te zien zijn die een goede afspiegeling vormen van deze toevallig optredende fouten.

### Meetvenster fouten

Ook de ligging van een meetvenster kan een statistische meetfout veroorzaken, zonder dat er sprake is van andere schommelingen. Een dergelijke fout doet zich bijvoorbeeld voor bij eenvoudige frequentietellers en is gemakkelijk te verklaren, zie figuur 3/8.1.13-9.




**Figuur 3/8.1.13-9:** Een voorbeeld van meetvenster fouten.

Het meetvenster heeft altijd een constante breedte. Er wordt dus altijd gedurende eenzelfde periode gemeten. Dit venster verplaatst zich echter als het ware over de pulstrein. Daardoor kan het voorkomen dat het aantal geregistreerde pulsen met precies één puls (een LSB) varieert, als het venster niet precies in een pulsraster past.
Het toeval in deze situatie berust op het gegeven dat het meetvenster zich in de tijd verplaatst en dus verschillende posities ten opzichte van de pulsen kan en zal innemen.

### Mechanische wrijving

De lagerwrijving bij analoge instrumenten zorgt ervoor dat bij een uitslag van de wijzer het anker van de draaispoelmeter op het punt blijft stilstaan waar de lagerwrijving een rol gaat spelen. Dat kan, afhankelijk van de snelheid waarmee de wijzer beweegt naar de in te nemen positie op de schaal, verder zijn dan de werkelijke waarde. Daarbij wordt dan nog geen rekening gehouden met andere mogelijke fouten. Ook dat is een min of meer onvoorspelbare invloed, omdat de wrijving van veel kleine externe factoren afhankelijk is en niet over de hele schaal gelijk is. Het beste meetresultaat wordt verkregen als er zachtjes op het meetinstrument wordt getikt, zodat de wrijving wordt overwonnen en het anker van het draaispoelinstrument opnieuw een evenwicht probeert te vinden tussen stelkracht en veerkracht.

### Ruis

Een vooral bij kleine signalen niet te verwaarlozen statistische fout wordt veroorzaakt door ruis, die altijd op het gemeten signaal staat.
De ruis kan niet alleen op het gemeten signaal staan, maar kan ook binnen het meetinstrument ontstaan. De ruisspanning bestaat uit pieken, die over de tijd gemiddeld op het eigenlijke gemeten signaal komen te staan.

De door het instrument aangegeven waarden, die immers ook zijn "verruist", liggen dus eveneens gelijkmatig verdeeld om de werkelijke waarde heen. De over een bepaalde tijd genomen gemiddelde waarde resulteert bij meerdere metingen in een voldoende nauwkeurige meting.

**Karakter en definitie**

De strooiing die om de werkelijke waarde heen afzonderlijke waarden geeft, wordt door bepaalde grootheden nader omschreven:

- rekenkundig gemiddelde;
- mediaan;
- standaard afwijking;
- gemiddelde afwijking;
- variatiebreedte.

Die grootheden kunnen door de gemeten waarden zelf worden bepaald.

**Rekenkundig gemiddelde**

Eigenlijk gaat het hierbij om een empirisch bepaalde gemiddelde waarde, die nog geen rekening houdt met de afzonderlijke waarschijnlijkheden voor de discrete gemeten waarden, maar alleen met de gemeten waarde $x_i$ zélf en het aantal metingen n. Voor de gemiddelde waarde geldt dan de formule die gegeven is in figuur 3/8.1.13-10.

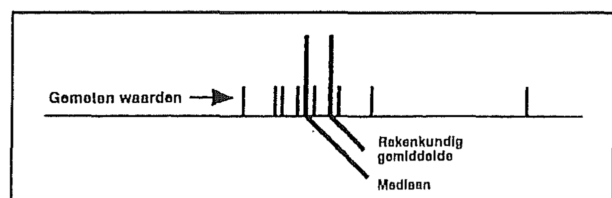
$$X_M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} X_i$$

**Figuur 3/8.1.13-10:** De gemiddelde waarde van n metingen $X_i$.

Dit is een gangbare en heel gewone vergelijking voor de berekening van de gemiddelde waarde van een aantal metingen.

**Mediaan (middelste waarde)**

Als in een serie metingen enkele extreme waarden voorkomen, geeft voor de benadering van de werkelijke waarde het rekenkundig gemiddelde een minder gunstig resultaat. De extreme waarden hebben er een relatief grote invloed op, terwijl ze vaak geen werkelijke waarde vertegenwoordigen.Daarom wordt in plaats daarvan voor de berekening van de mediaan gekozen. Die staat centraal in de serie metingen en heeft in de serie evenveel metingen ervoor als erna. Bij een oneven aantal metingen vertegenwoordigt de mediaan precies de middelste van een serie metingen en bij een even aantal metingen is de mediaan het rekenkundig gemiddelde van de twee middelste metingen. In figuur 3/8.1.13-11 wordt het verschil duidelijk gemaakt tussen de rekenkundig gemiddelde waarde en de mediaan in een serie metingen.




**Figuur 3/8.1.13-11:** Het verschil tussen rekenkundig gemiddelde en mediaan.

**Standaardafwijking**

De standaardafwijking wordt ook vaak aangeduid met gemiddelde fout, die echter niet mag worden verward met de in het algemeen gemaakte fout. Daarmee komt men bij het begrip gemiddelde kwadratische afwijking, die het gedrag wat beter omschrijft. De formule voor het bereke-

nen van deze grootheid is gegeven in figuur 3/8.1.13-12.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (X_i - X_M)^2}$$

**Figuur 3/8.1.13-12:** De formule voor het berekenen van de gemiddelde kwadratische afwijking.

De standaardafwijking, zoals die ook met behulp van veel zakrekenmachines kan worden bepaald, berekent eerst de som van de kwadraten van de afwijkingen in relatie tot de rekenkundig gemiddelde waarde. Het kwadraat van de standaardafwijking heet variantie. Grote afwijkingen hebben een grote invloed en kleine daarentegen slechts een geringe.

**Gemiddelde afwijking**
Voor de berekening van de gemiddelde afwijking is kennis over de gemiddelde waarde noodzakelijk. In formulevorm is de gemiddelde afwijking gegeven door de uitdrukking van figuur 3/8.1.13-13.

$$\Delta X_M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} | X_i - X_M |$$

**Figuur 3/8.1.13-13:** De formule voor het berekenen van de gemiddelde afwijking.

Vaak wordt in plaats van de gemiddelde waarde ook de echte waarde genomen, die immers in het algemeen in meettechnische toepassingen onbekend zal zijn.

**Variatiebreedte**
De variatiebreedte is het verschil tussen de grootste en de kleinste gemeten waarde, dus gelijk aan:
**$METINGmax - METING_{min}$**
Dat is een bijzonder grove maat voor de strooiing, omdat maar twee waarden voor de bepaling van de waarde worden genomen. De variatiebreedte wordt meestal alleen gebruikt als een serie metingen uit een klein aantal bestaat.

# 3/8.2

# Meetapparatuur

## Inhoud

# 3/8.2.1 Digitale voltmeters

### 3/8.2.1.1. Digitaal contra analoog

Hoewel de digitale voltmeter of, meer algemeen, de digitale universeelmeter de analoge volledig verdrongen heeft, zelf in het hobby-laboratorium, gaat het veel te ver om te stellen dat daarmee ook een op alle punten veel beter alternatief zijn intrede in de meettechniek heeft gedaan.
Op bepaalde punten zijn digitale meters ongetwijfeld superieur aan de analoge soortgenoten, maar het is niet moeilijk een aantal eigenschappen op te sommen, waar de digitale meter zeer duidelijk de mindere is van de wijzerinstrumenten.
Laat ons even de voordelen van beide systemen naast elkaar zetten!

**Voordelen van digitale meters:**
- eenduidige cijferindicatie van de gemeten waarden met in de meeste gevallen automatische komma-indicatie en polariteits-aanduiding;
- geen afleesfouten door parallax-verschijnselen;
- geen interpolatie-fouten;
- grote nauwkeurigheid en resolutie;
- in hoge mate ongevoelig voor mechanische belastingen en andere externe factoren, zoals vochtigheid, temperatuur, etc.;
- zeer kleine insteltijd;
- meetbereiken decadisch onderverdeeld, daardoor veel minder meetbereiken noodzakelijk;
- gemeten grootheid staat in digitale vorm ter beschikking, bijvoorbeeld voor koppeling aan een computer of voor het automatisch registreren van de gemeten waarden op een printer.

**Voordelen van analoge meters:**
- volledige galvanische scheiding van het net en van de aarde, waardoor de meters veel minder gevoelig zijn voor stoorspanningen zoals brom;
- de ingebouwde traagheid van het mechanische systeem van de naald zorgt automatisch voor het middelen van de gemeten waarde, bijvoorbeeld van door brom verontreinigde gelijkspanningen;
- de heen en weer gaande beweging van de naald is ideaal voor het volgen van de stijgende of dalende trend van een spanning en voor het bepalen van een minimum, hetgeen zeer vaak noodzakelijk is bij het afregelen van schakelingen.

In principe zou men dus een gecombineerd systeem ter beschikking moeten hebben, waarbij de te meten waarde zowel analoog als digitaal worden aangewezen. De eerste aanzetten zijn al

gegeven, kijk bijvoorbeeld bij hoofdstuk 8/3.1! De in dat hoofdstuk beschreven Fluke-meters met gecombineerde uitlezing zijn de voorboden van een geheel nieuwe generatie digitaal/analoge meters, die de principiële voordelen van beide systemen zullen combineren.

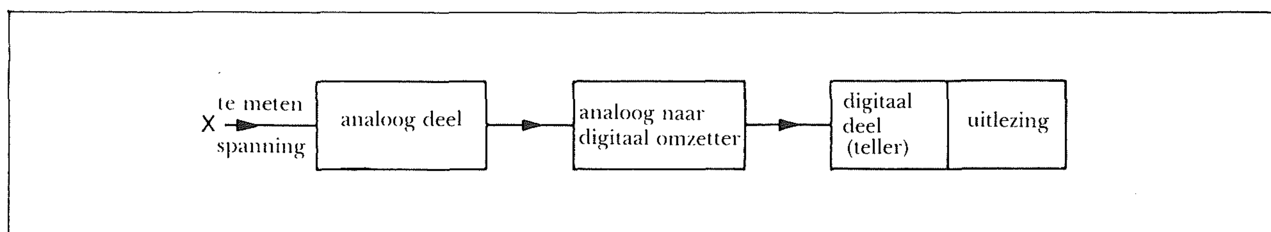
### 3/8.2.1.2
### De verschillende basis-technieken Vereenvoudigd blokschema

Hoewel er verschillende basis-technieken bestaan waarmee men een gelijkspanning digitaal kan meten, die alle hun specifieke voor- en nadelen hebben, kan men alle systemen toch herleiden tot één principieel blokschema. Dit blokschema is getekend in figuur 3/8.2.1.2-1 en bestaat uit:
- een analoog deel;
- een analoog naar digitaal omzetter (ADC);
- een digitaal deel met uitlezing.

Het analoge deel is opgebouwd uit een aantal operationele versterkers die zorgen voor het gelijkrichten van wisselspanningen en -stromen, een geijkte weerstandsverzwakker voor het instellen van de verschillende meetbereiken en bij sommige modellen ook nog een ingangsfilter voor het onderdrukken van storingen en bromspanningen. In principe kan men al deze schakelingen samenvatten onder de noemer "het omzetten van de te meten grootheid in een mooie gelijkspanning die binnen het bereik van de analoog naar digitaal omzetter valt". De ADC zet deze gelijkspanning om in een digitale waarde. In principe komt het er op neer dat het totale spanningsbereik wordt ingedeeld in een groot aantal stappen en voor iedere stap een specifieke digitale code op de uitgang van de schakeling verschijnt. Het zal duidelijk zijn dat de resolutie van het systeem wordt bepaald door het aantal stappen van de ADC. Hoe meer stappen, hoe dichter deze bij elkaar liggen en hoe kleiner het spanningsverschil aan de ingang waarop de schakeling reageert met het genereren van een verschillende digitale code.

Het digitale deel is verantwoordelijk voor het tellen van dat aantal stapjes, het weergegen van het aantal op een indicator en in de meeste gevallen voor het besturen van het volledige proces.

In principe onderscheiden zich de verschillende basis-technieken in de manier waarop de analoog naar digitaal omzetter is opgebouwd. Er bestaan vijf verschillende systemen, waarvan er enige weliswaar op dit moment verou-




**Figuur 3/8.2.1.2-1:** De drie basis-blokken van iedere digitale gelijkspanningsmeter.

derd zijn en niet meer worden toegepast, maar die toch worden besproken, omdat zij een logische stap vormen in de ontwikkeling van de meest eenvoudige tot de meest ingewikkelde technieken:

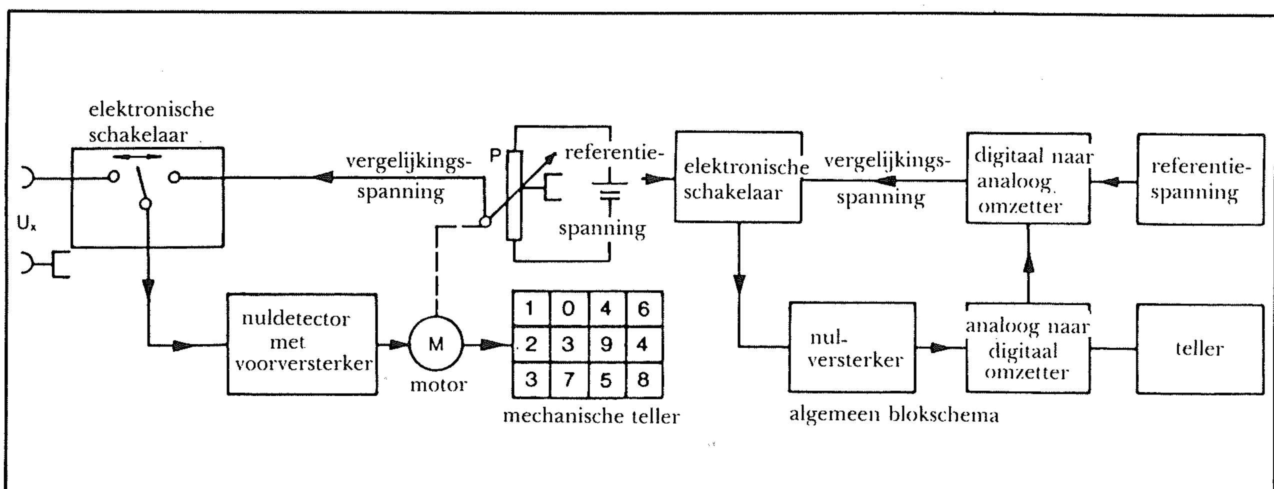
1 - nul-afregeling;
2 - stapsgewijze benadering;
3 - zaagtand-vergelijking;
4 - spanning naar frequentie omzetting;
5 - dubbele integratie.

Deze systemen zullen in de volgende paragrafen uitvoerig worden besproken.

**Nul-afregeling**

Het principe van dit systeem, dat in het Engels null-balance wordt genoemd, is getekend in figuur 3/8.2.1.2.2.

Een elektronische schakelaar, chopper genoemd, schakelt afwisselend de te meten spanning $U_x$ en een regelbare vergelijkingsspanning $U_{ref}$ naar een versterker met geïntegreerde nuldetector. Als beide spanningen niet aan elkaar gelijk zijn, dan zal de detector een foutspanning opwekken waarvan de grootte afhankelijk is van het verschil tussen beide ingangsspanningen en de polariteit afhankelijk van welke spanning het grootst is. Deze uitgangsspanning stuurt een motor M, gekoppeld aan de potentiometer P. Het systeem zal zich nu zo instellen dat het verschil tussen $U_x$ en $U_{ref}$ nul wordt. De uitgangsspanning van de nuldetector wordt nul, de motor stopt. De as van de motor is gekoppeld aan een mechanisch telsysteem. Het systeem is zo ontworpen dat op het moment dat beide spanningen aan elkaar gelijk zijn het telwerk precies de grootte van de te meten spanning $U_x$ aanwijst. De ADC is bij dit systeem dus elektro-mechanisch uitgevoerd en het zal wel duidelijk zijn dat dit principe nu niet meer gebruikt wordt voor het samenstellen van digitale meters. Wat overigens niet wil zeggen dat dit soort systemen nu nergens meer wordt toegepast, in principe zijn een heleboel proces-regelingen in de industrie op dit aloude principe geënt!




**Figuur 3/8.2.1.2-2:** Blokschema van een digitale meter volgens het principe van de nul-afregeling.

Nadelen van dit systeem:
- trage reactie op wijzigingen van de ingangsspanning;
- grote gevoeligheid voor op de te meten spanning aanwezige stoorsignalen, zoals brom, waardoor de motor gaat oscilleren;
- nauwkeurigheid afhankelijk van offset van de nuldetector;
- door mechanische systemen zeer storingsgevoelig.

**Stapsgewijze benadering**

Dit systeem, in het Engels successive approximation genoemd, is getekend in figuur 3/8.2.1.2-3.

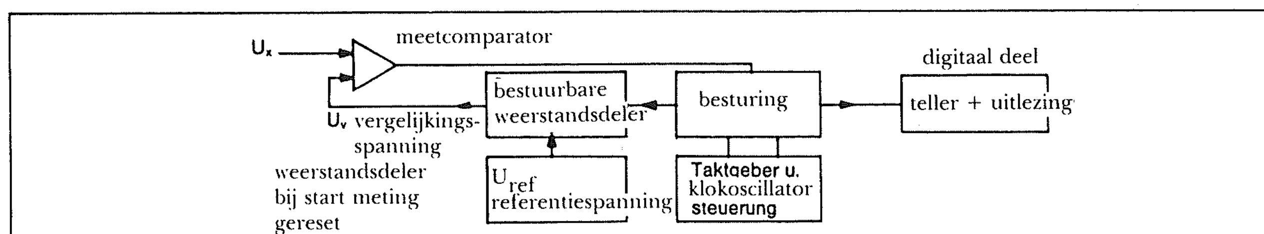
In principe wordt de ingangsspanning $U_X$ in een comparator vergeleken met een deel van een zeer stabiele referentiespanning $U_{ref}$. Dit deel $U_V$ is afhankelijk van de sturing van een digitaal naar analoog omzetter.

De werking is als volgt. Bij de start van een meetcyclus is $U_V$ gelijk aan nul. De uitgang van de comparator stuurt nu een signaal naar de besturing, die ervoor zal zorgen dat de DAC op het ritme van de klok-generator $U_V$ stapsgewijs laat stijgen. Na een bepaald aantal pulsen wordt $U_V$ gelijk aan $U_X$. De uitgang van de comparator klapt om, het proces stopt. Ondertussen is het aantal stapjes geteld door een decimale teller en het resultaat wordt weergegeven op een display. Ontwerpt men de schakeling nu zo, dat iedere klok-puls de waarde van $U_V$ met 1 mV laat stijgen, dan zal het aantal klok-pulsen tussen start en $U_V = U_X$ gelijk zijn aan de grootte van de ingangsspanning in mV. De uitlezing geeft dus rechtstreeks de ingangsspanning weer in mV.

Nadien start een tweede cyclus, de DAC wordt gereset, $U_V$ wordt gelijk aan nul, de besturing zal de DAC weer zo sturen dat $U_V$ stapsgewijs gelijk wordt gemaakt aan $U_X$. Gedurende dit tweede meetproces wordt de waarde van de vorige meting op de uitlezing bewaard, zodat een rustige uitlezing ontstaat. Slechts nadat $U_V$ weer gelijk is aan $U_X$ wordt het nieuwe aantal getelde klok-pulsen op de uitlezing zichtbaar gemaakt.

De allereerste volledig elektronische digitale meters werkten volgens dit principe.

Nadelen:
- zeer storingsgevoelig: als er op de te meten spanning een stoorsignaal aanwezig is, bijvoorbeeld een netspanningsresidu, dan kan het gebeuren dat bij de ene meting een spanningsgelijkheid wordt vastgesteld bij een "dal" van de brom en bij de volgende meting bij een "top" van de

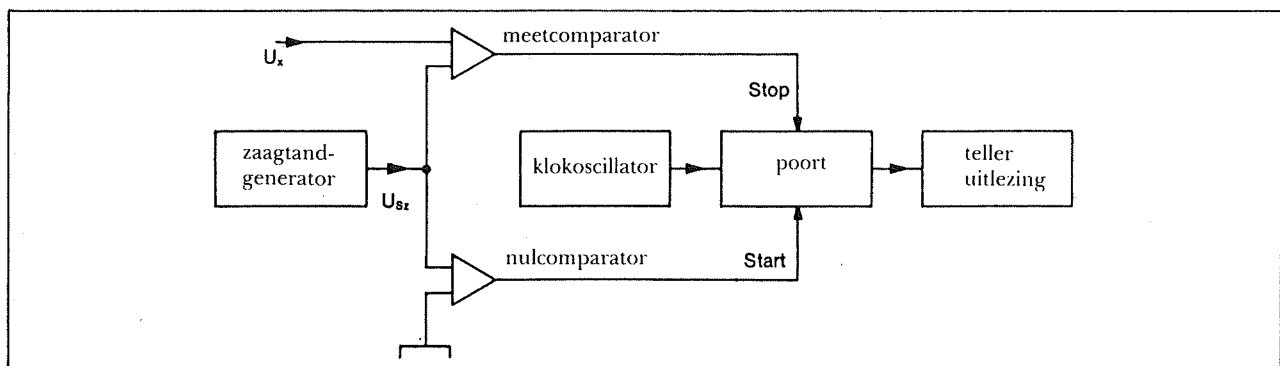



**Figuur 3/8.2.1.2-3:** Blokschema van het principe van de stapsgewijze benadering.

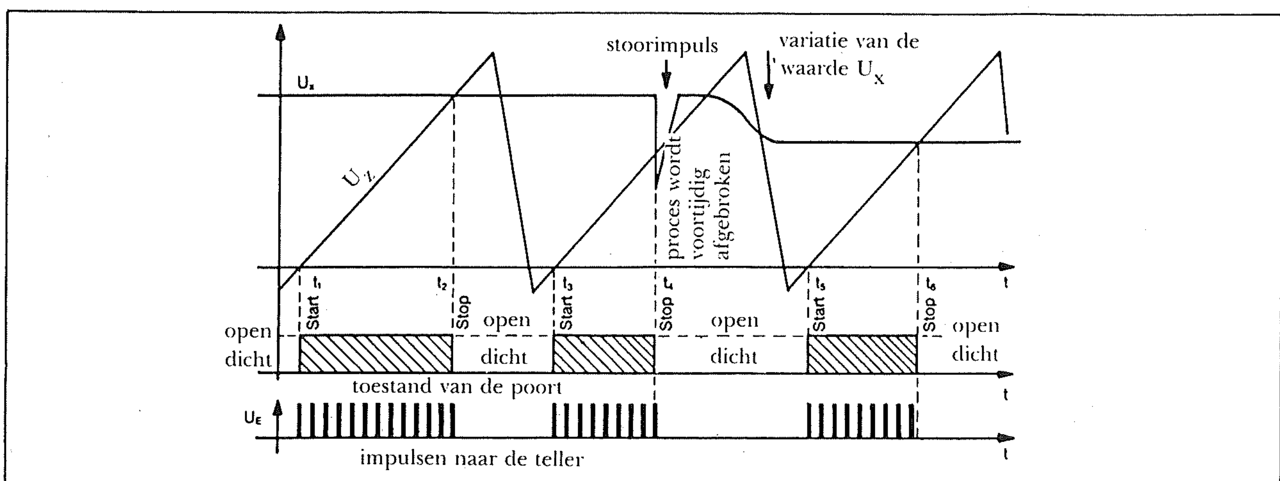
brom. De uitlezing is dan niet constant, maar zal rond een gemiddelde waarde schommelen;
- de nauwkeurigheid wordt volledig bepaald door de nauwkeurigheid en stabiliteit van de referentie-spanning. Variaties op deze spanning leiden onmiddellijk tot meetfouten;
- de offset van de comparator beïnvloedt het meetresultaat.

## Zaagtand vergelijking

Dit procédé, bekend onder de Engelse benaming ramp-conversion, maakt gebruik van een zeer lineaire zaagtand die van een bepaalde negatieve waarde stijgt naar een bepaalde positieve waarde. De preciese niveaus zijn hierbij volledig onbelangrijk. Deze zaagtand $U_Z$ wordt, zie figuur 3/8.2.1.2-4, in twee comparatoren vergeleken met de massa en met de te meten ingangsspanning $U_X$. De werking wordt verduidelijkt aan de hand van de grafiek van figuur 3/8.2.1.2-5. Op het moment t1 wordt de zaagtand gelijk aan nul. De nul-comparator opent een poort-schakeling, de pulsen van een klok-generator worden geteld door een digitale teller met decimale uitlezing. Op tijdstip t2 wordt de zaagtand gelijk aan de ingangsspanning. De meet-compara-




**Figuur 3/8.2.1.2-4:** Blokschema van een digitale meter die werkt volgens het principe van de zaagtand-vergelijking.




**Figuur 3/8.2.1.2-5:** Het verloop in functie van de tijd van de verschillende signalen uit het blokschema van figuur 3/8.2.1.2-4.

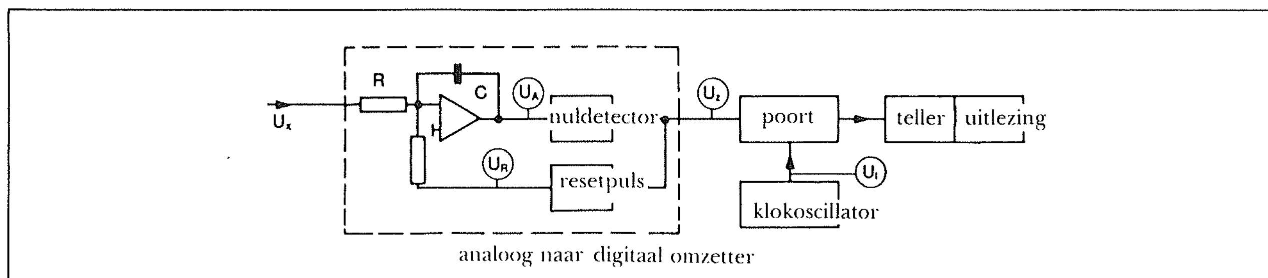
tor sluit de poort. Het aantal pulsen dat tussen t1 en t2 geteld is, is recht evenredig met de grootte van de ingangsspanning. Daalt deze spanning, dan zal het tijdstip t2 immers naar links verschuiven en zullen er minder pulsen door de poort worden doorgelaten.

Groot nadeel van dit systeem is dat negatieve stoorpulsen, aanwezig op de ingangsspanning, de meet-comparator voortijdig kunnen laten reageren (zie grafiek) waardoor volledig foutieve meetresultaten ontstaan.
Een ander groot nadeel van dit systeem is dat de nauwkeurigheid van een groot aantal factoren afhankelijk is:

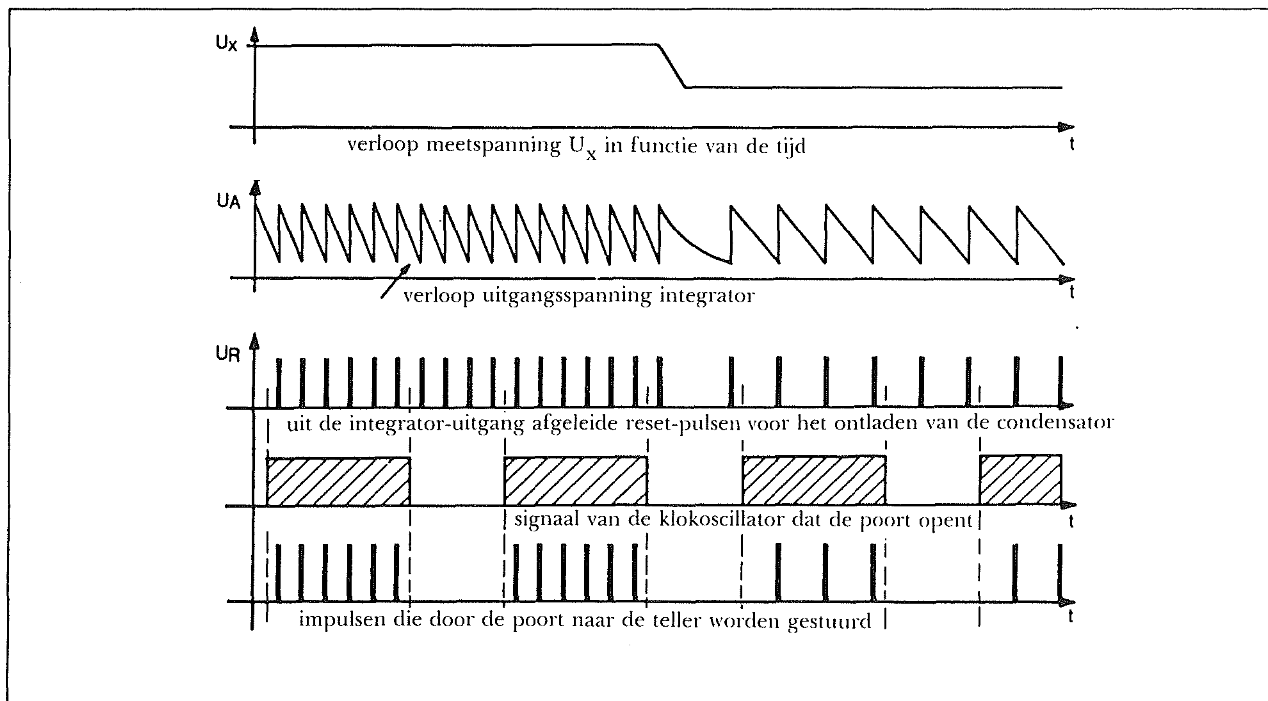
- de lineariteit van de zaagtand;
- de helling van de zaagtand;
- de constantheid van de klok-generator;
- de offset van de comparatoren.

De invloed van de zaagtand kan uitgeschakeld worden door dit signaal te vervangen door een trapvormige spanning, afgeleid uit de pulsen van de klok-oscillator. Bij iedere klokpuls neemt de trapspanning een trede toe. Dit systeem heeft bovendien een tweede voordeel, namelijk dat het resultaat van de meting niet langer afhankelijk is van de nauwkeurigheid van de klokpulsen.

**Spanning naar frequentie omzetting**
Bij dit systeem, in het Engels voltage to frequency conversion genoemd, wordt de te meten ingangsspanning rechtstreeks omgezet in een blokspanning met een frequentie die recht evenredig is met de grootte van de spanning. De frequentie van dit signaal kan nadien met een normale frequentie-meter worden gemeten.
Het blokschema is getekend in figuur 3/8.2.1.2-6, de werking wordt toegelicht aan de hand van de grafieken van figuur 3/8.2.1.7. De eigenlijke spanning naar frequentie omzetter bestaat uit een als integrator geschakelde operationele versterker, een comparator en een ontlaadkring. Laat ons veronderstellen dat de uitgangsspanning van de integrator ($U_A$) op een bepaald moment een maximale positieve waarde heeft. De te meten gelijkspanning $U_X$ stuurt via de weerstand R een stroom in de integrator. Het gevolg is dat de uitgangsspanning van deze trap lineair gaat dalen. De snelheid van deze daling is afhankelijk van de grootte




**Figuur 3/8.2.1.2-6:** Blokschema van een digitale meter volgens de directe spanning naar frequentie omzetting.



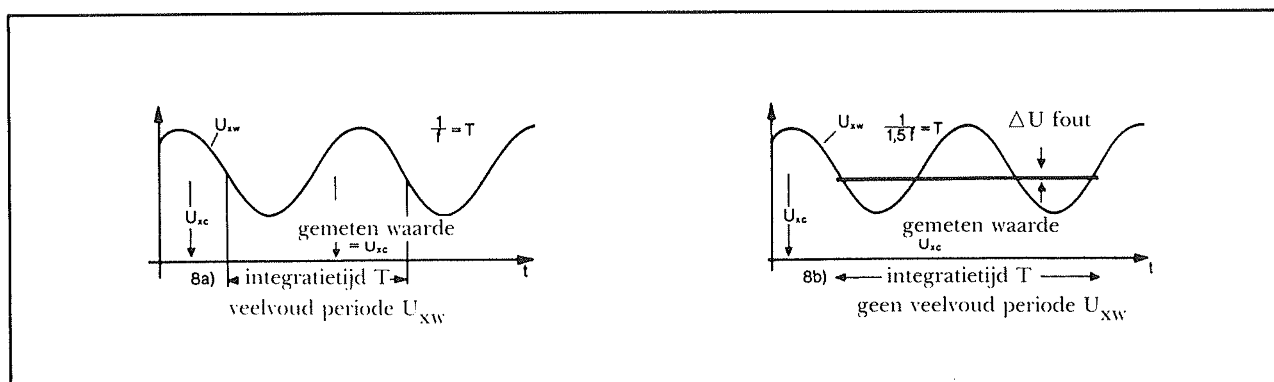

**Figuur 3/8.2.1.2-7:** Het verloop in functie van de tijd van de verschillende signalen in het spanning naar frequentie omzettings-systeem.

van de stroom en dus van de waarde van $U_X$. Na een bepaalde tijd bereikt de integrator-spanning een bepaalde drempelwaarde, de trigger levert een uitgangspuls $U_Z$. Deze puls activeert de ontlaadkring. Een smalle puls $U_r$ wordt aan de ingang van de integrator aangeboden. Deze puls heeft de tegengestelde polariteit van de ingangsspanning, het gevolg is dat de integrator-condensator zeer snel wordt opgeladen tot de aanvangsspanning. Het beschreven proces herhaalt zich periodiek. Het gevolg is dat op de uitgang van de schakeling een pulstrein ontstaat waarvan de frequentie recht evenredig is met de grootte van de ingangsspanning. De frequentie wordt op de normale manier gemeten door een frequentie-meter, samengesteld uit een poort, een teller met indicator en een klokgenerator, die de poort gedurende een bepaalde meettijd open stuurt. Het resultaat van de meting blijft op de indicatoren aanwezig totdat de volgende meetwaarde door de teller is verwerkt. Er ontstaat zodoende een rustige uitlezing.

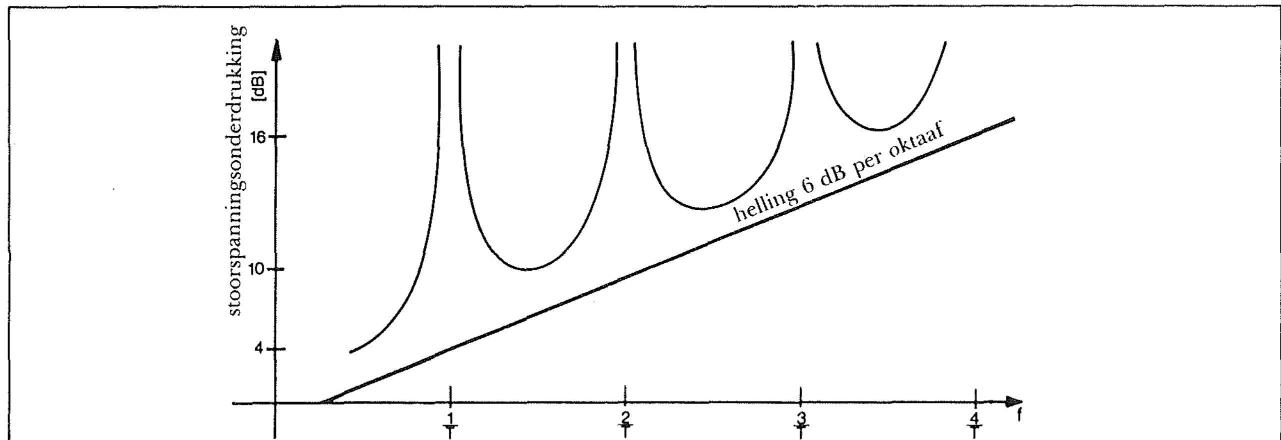
Nadelen van dit systeem:
- bij grote $U_X$ (einde bereikwaarde) kunnen lineariteitsfouten ontstaan omdat de schakelingen in de omzetter de daarmee overeenkomende hoge frequentie niet meer zonder merkbare vertragingen kunnen verwerken;
- variaties op de waarde van de integratie-condensator (temperatuur!) beïnvloeden rechtstreeks de nauwkeurigheid van de meting;
- onnauwkeurigheden op de breedte

van de puls die de poort opent werking rechtstreeks in op de nauwkeurigheid;
- de grote ontlaad-puls kan offset-verschuivingen in de ingangskring veroorzaken en zelfs doordringen in de schakeling waarin wordt gemeten.

Dit systeem heeft echter een groot voordeel en dat is dat onder bepaalde omstandigheden periodieke stoorsignalen, zoals brom, de meting niet beïnvloeden. Om dit te verduidelijken wordt een beroep gedaan op de tekening van figuur 3/8.2.1.2-8. Op een te meten gelijkspanning $U_{XC}$ is een bromspanning $U_{XW}$ gesuperponeerd. In het linker voorbeeld is de periode van deze brom precies gelijk aan de poort-tijd van de frequentie-meter. Het zal nu duidelijk zijn dat de afwijkingen op de uitgangsfrequentie van de omzetter, veroorzaakt door deze brom, zich over de volledige meetperiode middelen. Gedurende een halve meetperiode is de frequentie te laag (negatieve brom-cyclus), gedurende een halve meetperiode is de frequentie te hoog (positieve brom-cyclus). Over de gehele meetperiode heffen deze twee afwijkingen elkaar op, de uitlezing is precies gelijk aan deze die zou ontstaan als het bromsignaal niet op de gelijkspanning aanwezig was.
In het rechter voorbeeld bestaat er echter geen synchroniciteit tussen de periode van de brom en de duur van de meetcyclus. De meetcyclus omvat nu immers twee negatieve brom-cycli en slechts één positieve. De gemeten waarde is dus te laag.
Uit dit voorbeeld kan men afleiden dat de invloed van periodieke stoorsignalen volledig wordt onderdrukt als de poorttijd gelijk is aan een veelvoud van de periode-duur van de stoorspanning. Nu is het in de praktijk zo dat men meestal last heeft van 50 of 100 Hz stoorsignalen, afkomstig van het net of van de niet ideale gelijkrichting van de voeding. Men onderdrukt de invloed van deze stoorsignalen volledig als de poorttijd gelijk is aan een veelvoud van de net-periode (= 20 ms). In de praktijk kiest men meestal 1/10 of 1 seconde.




**Figuur 3/8.2.1.2-8:** Als op de te meten gelijkspanning $U_{XC}$ een wisselspanning $U_{XW}$ gesuperponeerd is, dan zal de meter de echte waarde van de gelijkspanning aanduiden als de meettijd een veelvoud is van de periode van de wisselspanning en een afwijkende waarde aanduiden als dit verband niet aanwezig is (rechts).




**Figuur 3/8.2.1.2-9:** De onderdrukking van stoorspanningen (uitgedrukt in dB) in functie van de periodeverhouding tussen stoorspanning en meettijd.

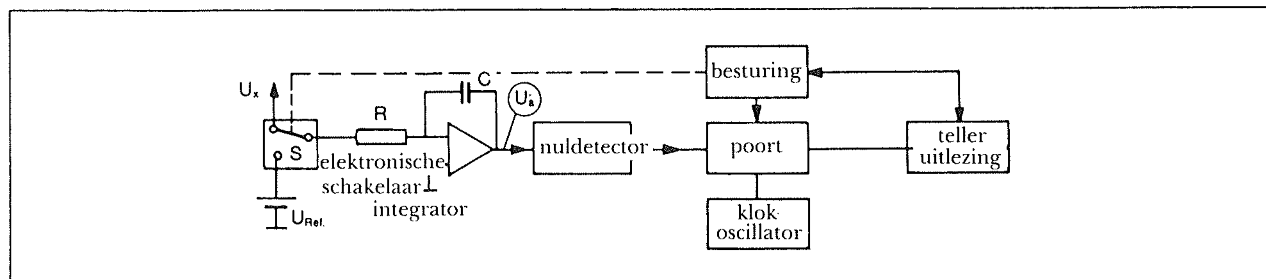
De grafiek van figuur 3/8.2.1.2-9 geeft het verband tussen de stoorspanningsonderdrukking (uitgedrukt in dB) en de verhouding tussen de poort-tijd en de periode van de stoorspanning. Tussen twee ideale waarden is er steeds een punt waarbij de onderdrukking naar een minimale waarde gaat, maar men kan tevens opmerken dat deze minimale waarde hoger komt te liggen naarmate de frequentie stijgt. Men kan berekenen dat deze stijging volgens een 6 dB per oktaaf karakteristiek verloopt.

## Dubbele integratie

Dit procédé, in het Engels dual-slope integration genoemd, benadert het meest het ideaal en wordt dan ook in alle moderne meet-systemen toegepast. Ook alle zogenoemde voltmeterchips (IC's die een komplete digitale meter herbergen) werken volgens dit principe.

Het blokschema van een dual-slope integrator is getekend in figuur 3/8.2.1.2-10.

Bij de aanvang van een meetcyclus zet de besturing de teller op nul en stuurt een signaal naar de elektronische omschakelaar S waardoor deze de ingangsspanning $U_x$ verbindt met de ingang van de integrator. De uitgangsspanning van deze schakeling ($U_a$) gaat lineair stijgen. Op het moment dat de zaagtand door nul gaat levert de nuldetector een puls aan de poort, waardoor deze opent en de pulsen van de klokoscillator naar de teller stuurt. Deze situatie blijft bestaan tot de teller een cyclus heeft doorlopen en weer naar nul springt. Dit gebeurt na $10^n$ pulsen, waarbij n staat voor het aantal decaden waaruit de teller is opgebouwd. Bij een vierdecade teller (uitlezing tot 9999) zal de teller na $10^4$ = 10000 pulsen resetten. Dit proces bepaalt de integratie-tijd T. Bij het resetten naar nul levert de teller een signaal aan de besturing, deze schakelt de elektronische schakelaar om, de interne referentiespanning $U_{ref}$ wordt nu met de integrator verbonden. De polariteit van deze spanning is omgekeerd ten opzichte van de polariteit van de ingangsspanning, het gevolg is nu dat




**Figuur 3/8.2.1.2-10:** Het blokschema van een meter die werkt volgens het principe van de dubbele integratie.

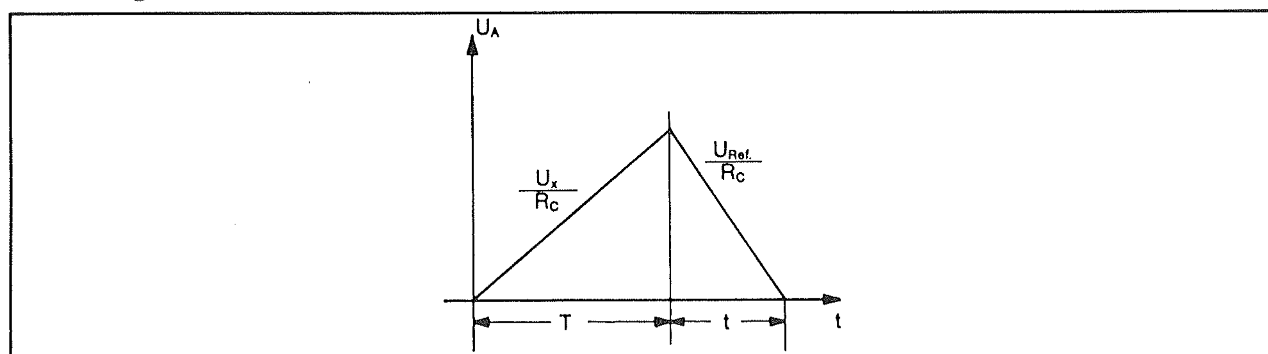
de condensator begint te ontladen en de spanning aan de uitgang van de integrator gaat dalen. De poort staat echter nog steeds open, de teller telt dus nog steeds de pulsen van de klokgenerator. Deze worden nu dus opnieuw vanaf nul geteld. Op het moment dat de uitgangsspanning van de integrator weer tot nul gedaald is geeft de nuldetector een puls af, die de poort spert. De inhoud van de teller wordt overgedragen op de uitlezing. De besturing start een nieuwe cyclus door de teller naar 0 te resetten en de elektronische schakelaar S met de te meten spanning te verbinden.

De integratie-capaciteit wordt dus eerst gedurende een tijd T, bepaald door $10^n$ klokpulsen opgeladen, waarbij de snelheid van de oplading, dus de helling van de zaagtand, afhankelijk is van de grootte van de onbekende ingangsspanning. Dit is grafisch voorgesteld in figuur 3/8.2.1.2-11. Nadat de elektronische schakelaar S is omgeschakeld wordt de condensator door de bekende en nauwkeurige referentiespanning $U_{ref}$ ontladen tot op nulpotentiaal. Dit proces neemt een (nu nog onbekend) aantal klokpulsen N in beslag. De snelheid waarmee dit gebeurt is echter afhankelijk van de grootte van de referentiespanning. Men kan dus de onderstaande vergelijking opstellen:

$$\frac{t}{T} = \frac{U_X}{U_{ref}} = \frac{N}{10^n}$$

waaruit de waarde van N volgt:

$$N = U_X \frac{10^n}{U_{ref}} = U_X \, . \, E$$




**Figuur 3/8.2.1.2-11:** Het verloop van de spanning op de uitgang van de integrator.

Er bestaat dus een recht evenredig lineair verband tussen het aantal in de tweede cyclus van het proces getelde pulsen N en de grootte van de ingangsspanning! Dit verband wordt gegeven door de constante factor E, want zowel n, het aantal decaden van de teller als $U_{ref}$, de interne referentiespanning, zijn constant. Uit deze formule volgt dat de dual-slope integratie zeer nauwkeurig werkt. Zo speelt de waarde van de integratie-condensator geen rol, hetgeen betekent dat afwijkingen op dit onderdeel door bijvoorbeeld temperatuurdrift, geen invloed hebben op de nauwkeurigheid van de meting. Dit is logisch, want een variatie op de waarde van deze condensator werkt in gelijke mate in op het op- en ontladen van de condensator. Bij dit systeem worden bovendien geen hoge eisen gesteld aan de stabiliteit van de frequentie van de klokgenerator. Afwijkingen werken ook hier in gelijke mate in op de tijden T en t.
De enige mogelijke foutbron kan drift op de referentiespanning zijn, maar tegenwoordig bestaan er spanningsreferenties die een tot op de mV nauwkeurige spanning afleveren, met een verwaarloosbaar kleine temperatuurdrift. Zie hoofdstuk 6/6.19.2 voor enige voorbeelden.

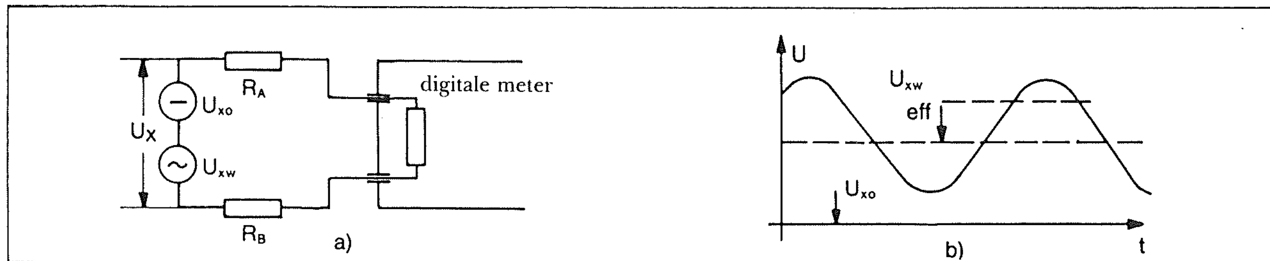
### 3/8.2.1.3 Oorzaken van meetfouten

#### Inleiding

Vanwege de overzichtelijke cijfer-presentatie en de ondubbelzinnige aflezing van een digitale meter is men vaak geneigd de resultaten van een digitale meting als absoluut te beschouwen. Niets is echter minder waar! Als wij even foutieve meetresultaten door verloop van de afregeling of drift op de referentiespanning buiten beschouwing laten zijn er nog een heleboel andere oorzaken aan te wijzen die de meting kunnen vervalsen.
Deze storingsbronnen kunnen door de meter zélf geïntroduceerd worden als van buiten (dus van de te meten spanning) afkomstig zijn.
De eerste soort kan onderverdeeld worden in:
- stoorsignalen die door de elektronische schakelingen van de meter in het meetobject gereflecteerd worden;
- wijzigingen in de kring waarin gemeten wordt door het op deze kring aansluiten van de digitale meter.

De stoorbronnen die met het te meten signaal in de meter worden gevoerd zijn te onderscheiden in:
- seriële stoorbronnen, stoorsignalen die op de te meten grootheid zijn gesuperponeerd en die de massa als referentie hebben;
- symmetrische stoorbronnen, die ontstaan bij het meten van zwevende spanningen en die op beide meetpunten in gelijke mate ten opzichte van de massa aanwezig zijn.

In het algemeen kan men een equivalent schema volgens figuur 3/8.2.1.3.-1 opstellen: de digitale meter is aangesloten tussen twee punten waartussen een te meten spanning $U_X$ aanwezig is. Deze spanning is echter de som van twee deelspanningen, namelijk een gelijkspanning $U_{XO}$ en een wisselspanning $U_{XW}$. Algemene vraagstelling is




**Figuur 3/8.2.1.3-1:** Algemeen vervangingsschema van een digitale meter aangesloten op een te meten spanning die is samengesteld uit een gelijkspanning $U_{XO}$ en een wisselstoorspanning $U_{XW}$. De weerstanden $R_a$ en $R_b$ representeren de weerstand van de aansluitdraden tussen meter en meetschakeling en de inwendige weerstand van het meetpunt.

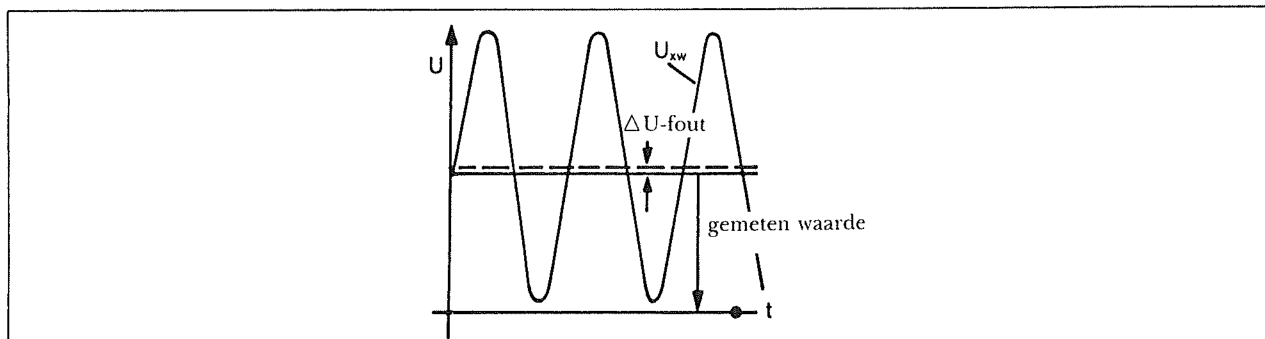
nu hoe men de invloed van de ongewenste $U_{XW}$ kan elimineren. Wat dit soort problemen betreft zijn analoge wijzerinstrumenten in het voordeel, omdat de traagheid van het mechanische systeem dit soort fouten automatisch middelt.

In de volgende paragraafjes zullen wij in het kort ingaan op de vier genoemde storingsbronnen.

**Seriële stoorbronnen**

Zoals uit de bespreking van de verschillende systemen is gebleken is een digitale meter in principe een gelijkspanningsmeter. De meest ideale meetsituatie is dus deze waarbij er aan de ingang van de schakeling een zuivere gelijkspanning, bijvoorbeeld afkomstig van een batterij, wordt aangesloten. In de dagelijkse praktijk zal deze ideale situatie zich echter slechts zelden voor doen. De meeste schakelingen waarin gemeten wordt zijn netgevoed en dit betekent dat op iedere spanning in de schakeling een min of meer grote 50 Hz component aanwezig is. Deze kan afkomstig zijn van de rimpelspanning die ook na de beste stabilisatie toch nog steeds op de voedingsspanning aanwezig is, maar kan ook rechtstreeks via paracitaire of inductieve koppeling uit het net op een punt in de schakeling overgedragen worden.

Daarnaast komt het vaak voor dat men de instelspanningen van een versterkertrap moet meten, een gelijkspanning waarop een signaalspanning aanwezig is. In dat laatste geval kan de wisselspanning zelfs bijna net zo groot zijn als de te meten gelijkspanning! Zoals reeds gezegd hebben analoge wijzerinstrumenten geen last van dit soort verschijnselen. De traagheid van het mechanische systeem vlakt de brom- of signaalspanningen als het ware af, hun invloed gaat verloren door de traagheid van het systeem. Digitale meters zijn echter zeer gevoelig voor op de meetspanning aanwezige wisselspanningssignalen. De mate van gevoeligheid is afhankelijk van het meetsysteem, de dual-slope integratie is onder bepaalde omstandigheden in staat de effecten van de signaalspanning weg te filteren. Zoals reeds gezegd is dit het geval als de poorttijd een geheel veelvoud is van de periode van de stoorspanning. Nu kan men dat wel realiseren voor de meest voorkomende seriële storing, het net. Voor alle overige frequenties is dit echter




**Figuur 3/8.2.1.3-2:** Het naar beneden verschuiven van de gemeten gelijkspanning als gevolg van oversturing van de ADC door de aanwezigheid van een zeer groot wisselspanningssignaal op de gemeten gelijkspanning.

niet haalbaar en vandaar dat men vaak een filter voor de ingang van de meter opneemt, dat tot taak heeft het wisselspanningssignaal uit te filteren. Nadeel van deze filters is dat zij de nauwkeurigheid van de meting kunnen beïnvloeden en in de meeste gevallen de reactietijd van de meter op spanningsveranderingen op de ingang vergroten.
Tot slot van deze paragraaf zij nog gewezen op een probleem dat kan ontstaan bij het meten van instelspanningen op bijvoorbeeld de collector van een transistorversterker die een wisselspanningssignaal versterkt. Zoals uit figuur 3/8.2.1.3-2 blijkt kan het voorkomen dat de maximale topwaarde van gelijkspanning plus wisselspanning groter is dan het meetbereik van de meter. In dat geval kunnen aanzienlijke fouten optreden, omdat de ADC van de meetschakeling overstuurd wordt als er toevallig gemeten wordt tijdens de piek. In de meeste gevallen zal dit tot gevolg hebben dat de door de meter weergegeven waarde aanzienlijk lager is dan de echte waarde van de instelspanning.

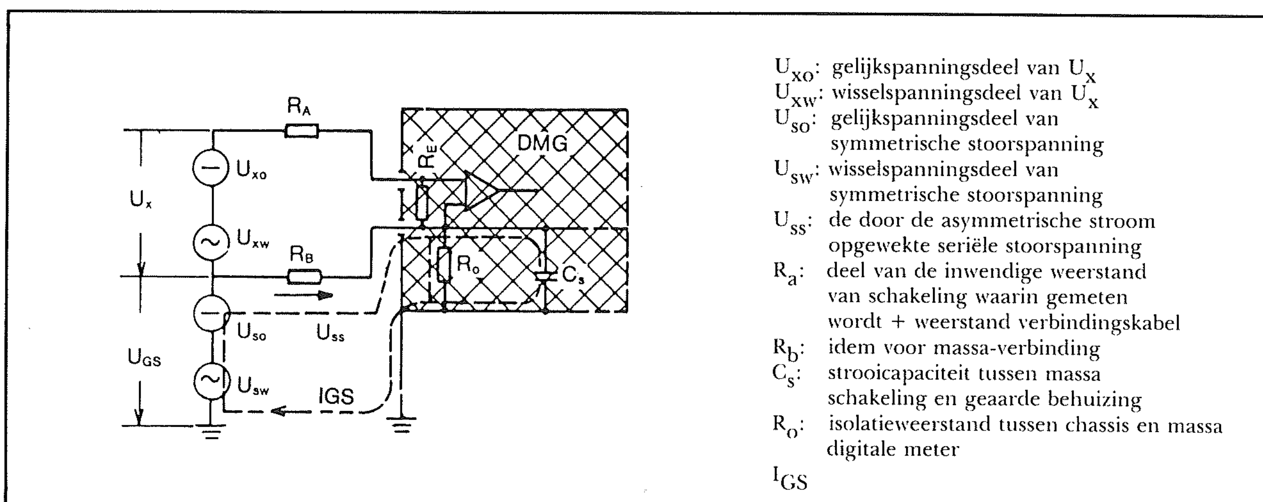
**Symmetrische stoorbronnen**

Een symmetrische stoorspanning is een spanning die op beide klemmen van de meter aanwezig is en waarbij het potentiaalverschil tussen klem en aarde voor beide signalen identiek is. Dit soort storingen is aanwezig in schakelingen die zweven ten opzichte van de massa, dus waar men op alle punten van de schakeling een signaal ten opzichte van de massa of aarde zou kunnen meten.
In principe zou men kunnen verwachten dat dit soort storingen geen problemen geeft. Omdat het signaal op beide ingangen van de meter identiek is zou men verwachten dat de meter niet eens "ziet" dat deze signalen aanwezig zijn. De meter reageert immers alleen op spanningsverschillen tussen de twee ingangen! Dit verhaal zou waar zijn als de digitale meter volledig geïsoleerd zou zijn van het massa- of aarde-potentiaal. In de meeste gevallen wordt een digitale meter echter uit het net gevoed en dat betekent dat zo'n apparaat een zeer hoge, maar niet oneindige isolatieweerstand $R_O$ ten opzichte van aarde heeft. Bovendien be-

staat er ook nog een niet oneindig kleine strooi-capaciteit $C_S$ tussen de schakeling van de meter en de aarde. Beide verschijnselen zorgen ervoor dat men niet kan stellen dat de ingangen van de meter volledig gescheiden zijn van de aarde.
Het equivalente schema is getekend in figuur 3/8.2.1.3-3. Tussen de massa van de meter en de aarde zijn twee componenten aanwezig, de isolatieweerstand $R_O$ (enige 100 MΩ) en de strooicapaciteit $C_S$ (enige pF).
Een en ander heeft tot gevolg dat er een asymmetrie in het systeem ontstaat. De impedantie tussen de onderste ingang van de meter en de aarde is samengesteld uit $R_b$, een deel van de inwendige weerstand van de schakeling waarin wordt gemeten en de weerstand van de meetleiding, en de parallelschakeling van $R_O$ en $C_S$. De impedantie tussen de bovenste ingang van de meter en de massa is opgebouwd uit $R_a$, deel van de inwendige weerstand en de weerstand van de meetkabel, $R_e$, inwendige weerstand van de digitale meter en de parallelschakeling van $R_O$ en $C_S$. $R_e$ is meestal zeer groot: enige tientallen MΩ.
De twee stromen die vanuit de aansluitingen van de meter naar de massa vloeien zijn bijgevolg niet aan elkaar gelijk. Er ontstaat een verschilstroom $I_{GS}$, die over de weerstand $R_b$ een spanningsval $U_{SS}$ doet ontstaan. Deze spanning staat in serie met de te meten spanning $U_X$ en het zal duidelijk zijn dat er dus een seriële stoorspanning in het systeem wordt geïntroduceerd.
De onderdrukking van symmetrische stoorspanning neemt toe naarmate $R_O$ groter is en $C_S$ kleiner. De mate van onderdrukking wordt gedefinieerd door de verhouding:

$$V_G = \frac{R_O}{R_B}$$

waarin:
$V_G$: de onderdrukkingsfactor;
$R_O$: de lekweerstand naar aarde;
$R_B$: de som van een deel van de in-




**Figuur 3/8.2.1.3-3:** Equivalent schema van een uit het net gevoede digitale meter, aangesloten op twee zwevende punten die een symmetrisch stoorsignaal voeren.

wendige weerstand van de schakeling waarin wordt gemeten en de weerstand van de meetkabel.

Deze formule geldt alleen als de symmetrische stoorspanning een gelijkspanning is. Bij wisselspanning moet men rekening houden met de invloed van de strooi-capaciteit $C_S$.

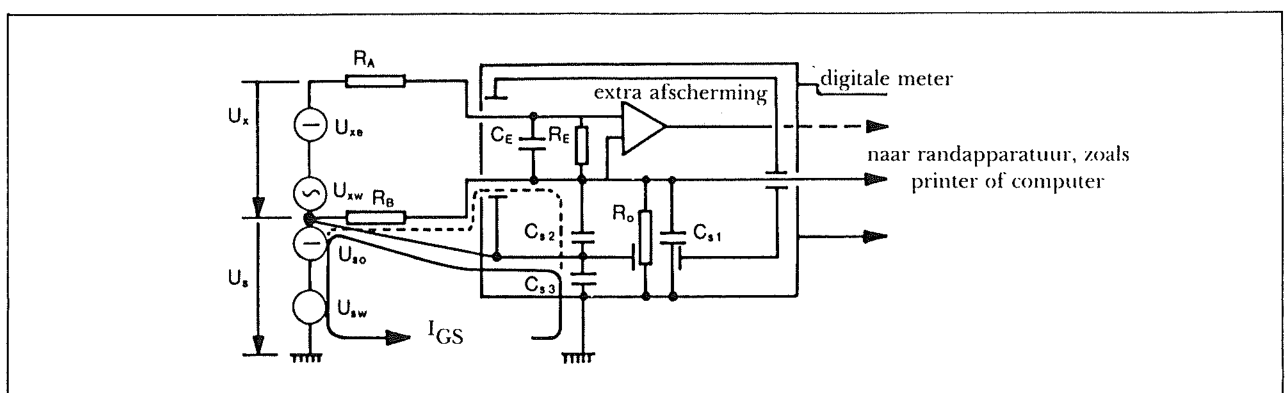
De onderdrukkingsfactor kan vergroot worden door het verkleinen van $R_B$. Nu heeft men daartoe niet zo veel mogelijkheden, men heeft de inwendige weerstand van de schakeling waarin wordt gemeten immers niet in de hand.

Een veel betere oplossing is het elimineren van de invloed van $R_O$ en $C_S$. Men maakt gebruik van speciale afschermings-technieken. Tussen de massa van de schakeling van de meter en de geaarde behuizing wordt een extra afscherming aangebracht, zie figuur 3/8.2.1.3-4. Deze extra afscherming veroorzaakt een deling van de strooi-capaciteit. Deze wordt opgesplitst in een aantal in serie en in parallel geschakelde deel-capaciteiten $C_{S-n}$. De massa van de schakeling waarin wordt gemeten wordt nu niet alleen via de normale meetkabel verbonden met de massa van de meter maar ook met de extra afscherming. De verschilstroom $I_{GS}$ zal nu hoofdzakelijk via deze extra verbinding en de deelcapaciteit $C_{S3}$ naar de aarde afvloeien. Het aandeel dat door $R_b$ vloeit daalt omdat de serie schakeling van $C_{S2}$ en $C_{S3}$ uiteraard een kleine vervangingswaarde heeft dan $C_{S3}$ alleen. De seriële stoorspanning $U_{SS}$ die over $R_b$ ontstaat en die de meting nadelig beïnvloedt, daalt.

Men moet er echter wel rekening mee houden dat de werking van de extra afscherming teniet gedaan kan worden als de meter wordt aangesloten op computer- of printer-apparatuur. Deze zijn immers vrijwel nooit echt aarde-vrij uitgevoerd en de problemen worden dan alleen maar verplaatst.

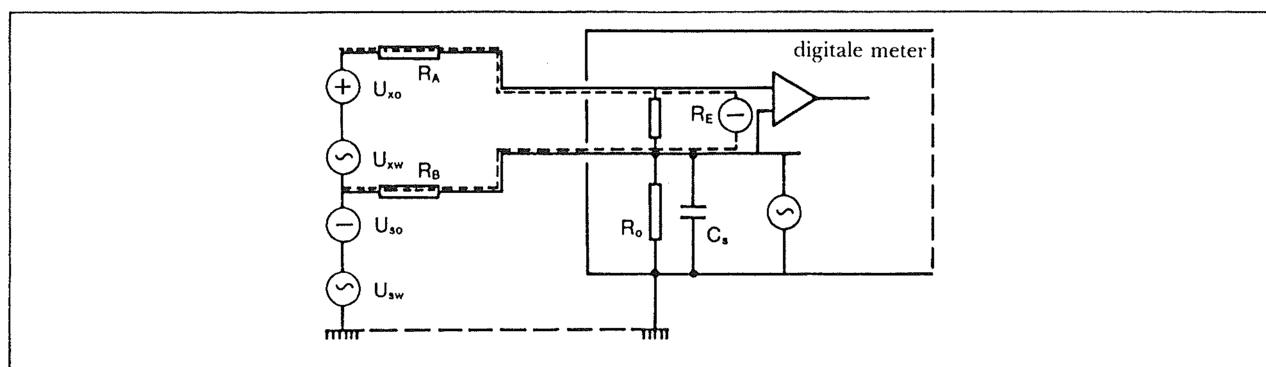
### Gereflecteerde stoorsignalen

Gereflecteerde stoorsignalen zijn spanningen die vanuit de meter doordringen tot de schakeling waarin gemeten wordt en door interferentie met

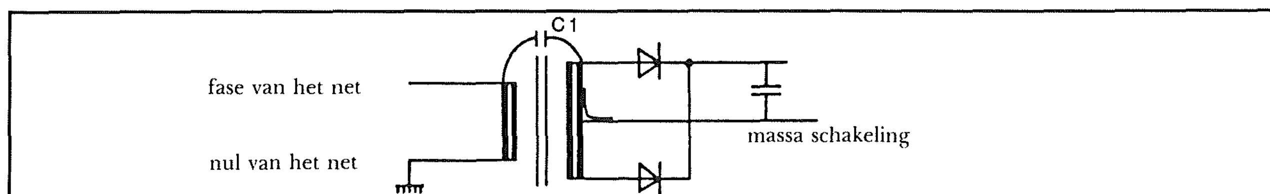



**Figuur 3/8.2.1.3-4:** Het afleiden van de asymmetrische verschilstroom naar de extra afscherming tussen chassis van de meetschakeling en de geaarde behuizing.

de te meten spanning de grootte van deze spanning beïnvloeden. In de meter zijn drie bronnen aan te wijzen die verantwoordelijk kunnen zijn voor het genereren van dit soort signalen. Op de eerste plaats de ingangsschakeling, die meestal is samengesteld uit een operationele versterker en waaruit een offsetstroom naar de buitenwereld kan ontsnappen. Vooral digitale meters die met een integrator aan de ingang zijn uitgerust kunnen dit soort offsetstromen opwekken. Een eenvoudige methode om te onderzoeken of een meter daar last van heeft is het apparaat op de gevoeligste gelijkspanningsstand te schakelen en de uitlezing met kortgesloten en met door middel van een weerstand van 10 MΩ belaste aansluitklemmen te vergelijken. In principe moet de uitlezing in beide gevallen identiek zijn. Bestaat er een spanningsverschil van enige tientallen mV, dan kan men er zeker van zijn dat de meter een stroom naar de te meten schakeling stuurt en dat dus meetfouten kunnen ontstaan.
Op de tweede plaats kunnen er zeer snelle puls-residuen van de digitale schakelingen in de meter via paracitaire capaciteiten doordringen tot de ingangsklemmen en dus ook tot de schakeling waarin gemeten wordt. Zoals reeds gezegd zullen voornamelijk meters die volgens de rechtstreekse spanning naar frequentie omzetting werken daar last van hebben. Aan dit soort storingen is in feite niets te verhelpen!
Op de derde plaats kan er in de voeding van de meter een paracitaire capaciteit tussen de primaire en secundaire wikkeling van de trafo aanwezig zijn, waardoor 50 Hz componenten ontstaan tussen de aarde en de massa van het apparaat. Omdat de massa van de meter in de meeste gevallen rechtstreeks verbonden is met de massa van de schakeling waarin gemeten wordt zal deze paracitaire spanning ook aanwezig zijn in de meetschakeling.
Men moet dit soort foutbronnen niet onderschatten! Stel dat de trafo een koppelcapaciteit van 10 pF heeft (zie ook figuur 3/8.2.1.3-6) en dat de weerstand $R_b$ (weerstand van meetsnoer plus deel van de inwendige weerstand van de schakeling waarin gemeten wordt) gelijk is aan 1 kΩ dan kan men berekenen dat er van de 220 V net-




**Figuur 3/8.2.1.3-5:** Equivalent schema van de door een digitale meter naar de meetschakeling gereflekteerde stoorsignalen.




**Figuur 3/8.2.1.3-6:** Capacitieve koppeling van een fractie van de netspanning via de koppelcondensator C1 tussen primaire en secundaire wikkeling van de voedingstrafo.

spanning ongeveer 0,7 mV doordringt tot de ingang. Weinig, maar zonder meer genoeg om de nauwkeurigheid van een vier en een half decade meter (uitlezing tot 1,9999 V, dus tot op 0,1 mV!) grondig te verpesten.
Hieruit kan men dus afleiden dat het bij de zelfbouw van goede digitale meters ook noodzakelijk is te letten op de kwaliteit van de gebruikte trafo: primaire en secundaire wikkelingen niet op maar naast elkaar gewikkeld, plus een metalen afscherming tussen beide delen van het onderdeel.

### Beïnvloeding van de meetspanning door het aansluiten van de meter

Dit is een zeer belangrijk punt dat maar al te vaak uit het oog wordt verloren. Een punt zelfs, dat de zin van het gebruik van zeer nauwkeurige vier en half decade meters ter diskussie stelt. Wat is namelijk het geval. Een digitale meter kan een in principe zo goed als oneindig hoge ingangsweerstand hebben. Maar doordat zo'n instrument (om praktisch bruikbaar te zijn) moet worden uitgerust met verschillende meetbereiken en dus met een resistieve spanningsdeler aan de ingang, blijft er van die ideale ingangsweerstand weinig over. De meeste meetinstrumenten hebben een ingangsweerstand van 10 MΩ. Deze 10 MΩ staat parallel tussen de beide ingangen en als men de meter dus op een bepaald punt van een schakeling aansluit wordt er een weerstand van 10 MΩ tussen dat punt en de massa geschakeld. Het punt waarop gemeten wordt heeft echter een bepaalde inwendige weerstand. Deze $R_i$ zal met de $R_i$ van de digitale meter een spanningsdeler vormen, waardoor de spanning op het punt vaak verschillende procenten kan dalen. En dus meet men met die dure digitale meter met een basisnauwkeurigheid van 0,1 % een spanning die 3 % afwijkt van de reëele waarde!
Aan deze fundamentele meetfout is weinig te doen, behalve bij iedere meting die nauwkeurig moet zijn is er terdege in het achterhoofd rekening mee te houden.

Voor het nauwkeurig meten van gelijkspanningen in het bereik - 15 V tot + 15 V zou men een als spanningsvolger geschakelde moderne operationele versterker (ingangsweerstand zo goed als oneindig) tussen het meetpunt en de ingang van de meter kunnen schakelen. De invloed van de beperkte $R_i$ van de meter wordt hierdoor uitgeschakeld. Wel moet men er dan voor zorgen dat de offset van de operationele versterker gecompenseerd wordt en er zeker van zijn dat deze grootheid niet gaat verlopen onder invloed van temperatuurschommelingen.

# 3/8.2.3 Oscilloscopen

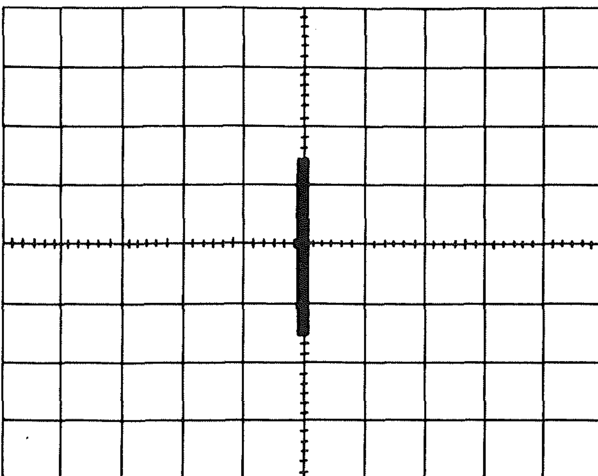
De in 1896 door de Duitse fysicus Karl-Friedrich Braun ontwikkelde elektronenstraalbuis is ook nu nog steeds het hart van iedere oscilloscoop. Het moest echter tot 1930 duren alvorens de technologie zo ver gevorderd was dat deze buis in een industrieel geproduceerde scoop kon worden toegepast. Sindsdien heeft de ontwikkeling ook op dit terrein geen seconde stil gestaan. In 1947 kwam de eerste triggerbare oscilloscoop op de markt, in 1962 de eerste geheugen-scoop en in 1973 de eerste computer-gestuurde uitvoering.
Deze stormachtige ontwikkeling heeft duidelijk sporen nagelaten op het gebied van de hobby-apparaten. Was het tot voor 10 jaren zo dat de betaalbare hobby-uitvoeringen in feite nauwelijks afweken van de allereerste professionele uitvoeringen uit de dertiger jaren, op dit moment biedt een scoop die voor ongeveer *f* 1500,- over de toonbank gaat niet veel minder dan de duurste professionele apparaten van ongeveer 20 jaar geleden. De afstand tussen de begrippen „professioneel" en „hobby" wordt ook op dit gebied van de elektronica steeds kleiner! Bandbreedtes van verschillende tientallen MHz, twee kanalen, grote gevoeligheid, vertraagde tijdbasis en uitgebreide trigger-faciliteiten zijn nu heel gewoon voor de doe-het-zelver geworden.

En dat is maar goed ook, want de scoop is zonder meer het meest veelzijdige hulpmiddel voor iedere elektronicus. De oscilloscoop is hèt middel voor het zichtbaar maken van het grootte-verloop in functie van de tijd van alle elektronische en fysische verschijnselen.
Zonder zo'n instrument is een elektronicus in feite stekeblind. De oscilloscoop is het enige instrument waarmee men niet alleen meet maar ook ziet wat men meet! Een voltmeter immers, geeft niet meer dan een globale indicatie van wat er met een signaal gebeurt. Betekent het stijgen van een meetwaarde dat de grootte van het signaal stijgt of dat de breedte van de puls toeneemt? Zonder scoop weet men het niet!
Kortom, de scoop is een onmisbaar instrument voor eenieder die zijn elektronica hobby serieus neemt.

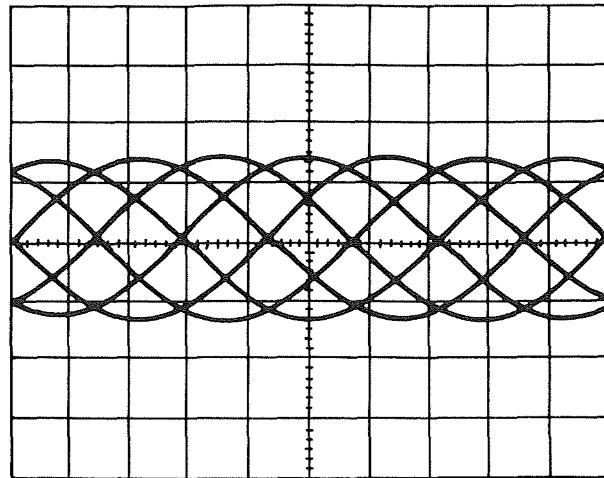
### 3/8.2.3.1 Principiële werking

Zoals reeds gezegd is een oscilloscoop een meetinstrument waarmee men de grootte van het vormverloop van signalen in functie van de tijd zichtbaar kan maken. Het scherm van de beeldbuis is voorzien van twee assen, een horizontale en een verticale. Men spreekt van de x- en y-coördinaten van het scherm. Wiskundig bekeken „berekent" de scoop de vorm van de wiskundige functie $y = f_{(x)}$. Hierbij stelt de y-coördinaat de momentele waarde voor van een spanning, die zowel rechtstreeks uit een elektronische schake-

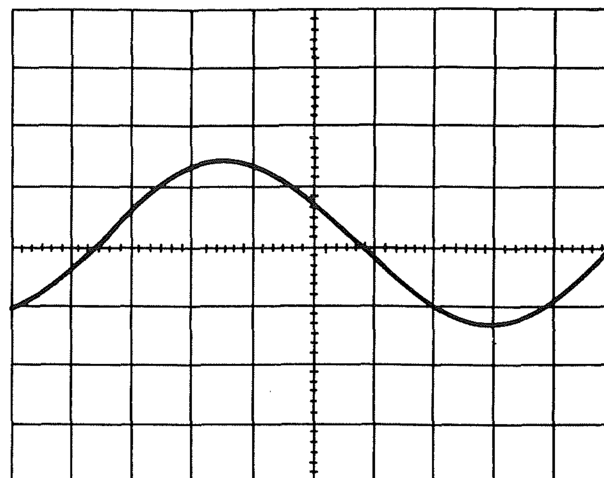
ling afkomstig kan zijn als afgeleid van de te meten fysische grootheid (versnelling, temperatuur, etc.). De functie f $_{(x)}$ bevat in de meeste gevallen de tijdfactor t, maar kan ook wel een fysische grootheid zijn.
De grafieken die de functie beschrijven worden op het licht-uitstralende scherm van de Braunse buis, de katodestraalbuis, getekend.
Deze buis is voorzien van twee stel afbuigplaten. Het y-signaal wordt aangeboden aan de verticale platen en verzorgt de verticale afbuiging van de elektronenstraal die het beeld op het scherm schrijft. Zonder horizontale x-afbuiging zal er dan ook alleen maar een puntje of een verticaal streepje op het scherm verschijnen. De grootte van dit streepje is recht evenredig met de top-tot-top waarde van het aan de verticale platen aangelegde signaal.



**Figuur 3/8.2.3.1-1:**
a - beeld zonder horizontale afbuiging;



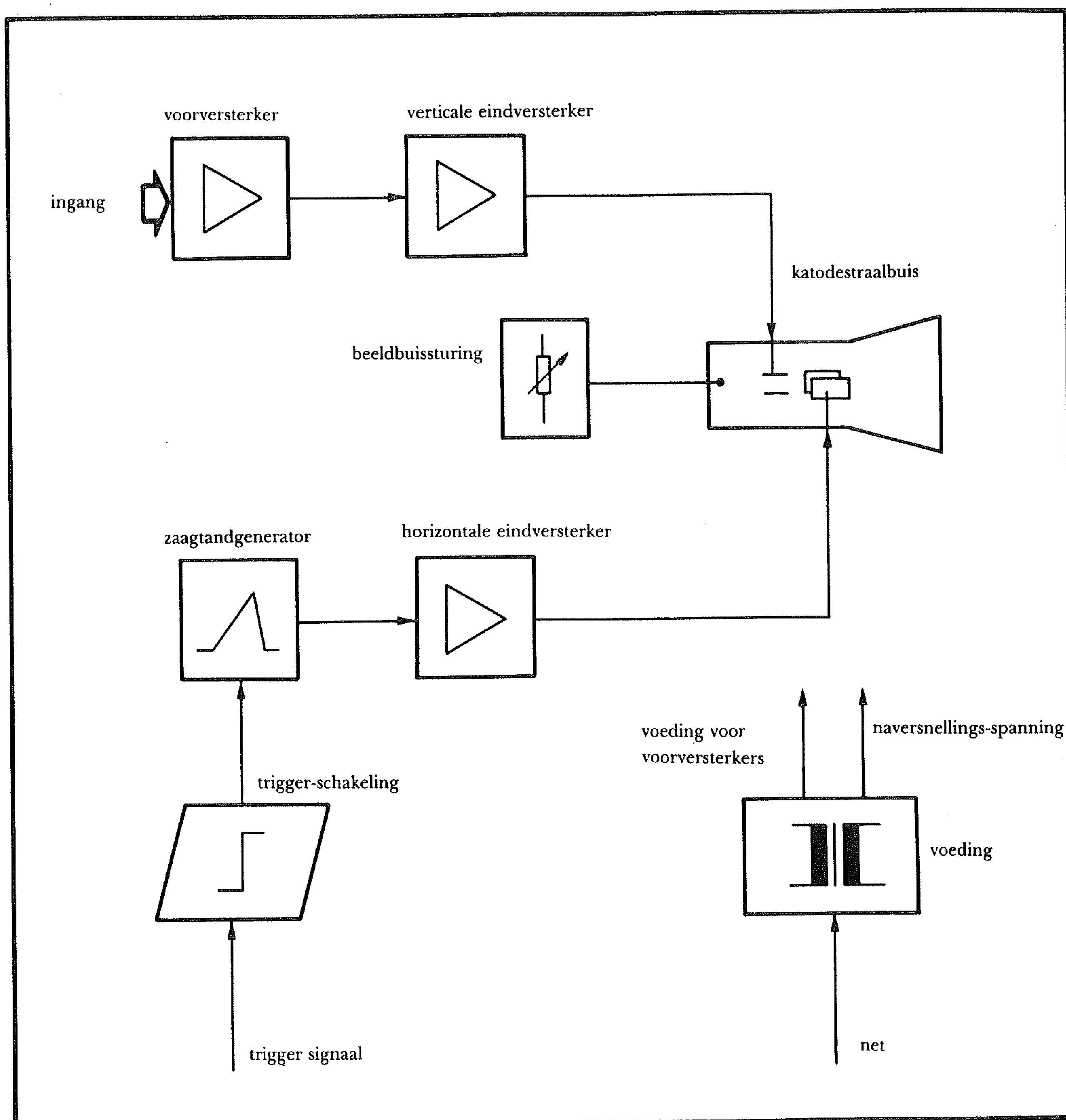
b - beeld met afbuiging maar zonder tijdrelatie tussen horizontaal en verticaal signaal;



c - algemene voorstelling van de curve y = f $_{(x)}$.

Zonder x-signaal kan men dus wel amplituden meten, maar krijgt men geen informatie over de manier waarop de amplitude van het signaal in functie van de tijd verloopt. Dit is voorgesteld in figuur 3/8.2.3.1-1a.

Door nu echter de spot niet alleen op het ritme van de te meten spanning op en neer over het scherm te sturen, maar ook van links naar rechts ontstaat het bekende plaatje dat niet alleen de grootte maar ook het vormverloop van de te meten spanning openbaart. Deze horizontale afbuiging ontstaat door aan de horizontale platen een spanning te leggen waarvan de amplitude lineair stijgt in functie van de tijd: een zaagtand of een driehoek. In de meeste gevallen wordt deze spanning in de scoop zélf opgewekt en er bestaat dus geen rechtstreeks verband tussen deze spanning en de te meten spanning. Het gevolg is, zoals geschetst in figuur 3/8.2.3.1-1b, dat het beeld over het scherm „loopt". Dit verschijnsel ontstaat doordat er geen koppeling bestaat tussen




**Figuur 3/8.2.3.1-2:**
Blokschema van een eenvoudige oscilloscoop.

de frequentie van de te meten spanning en de frequentie van de afbuigspanning. Bij de aanvang van iedere zaagtand-cyclus heeft de meetspanning een willekeurige waarde en de verschillende beelden worden niet keurig over elkaar geschreven, maar starten op willekeurige punten aan de linkerrand van het scherm. Wil men een stilstaand beeld verkrijgen, dan moet er een synchronisatie tussen de perioden van de meet- en de zaagtandspanning ontstaan.

Moderne scoops zijn dus voorzien van

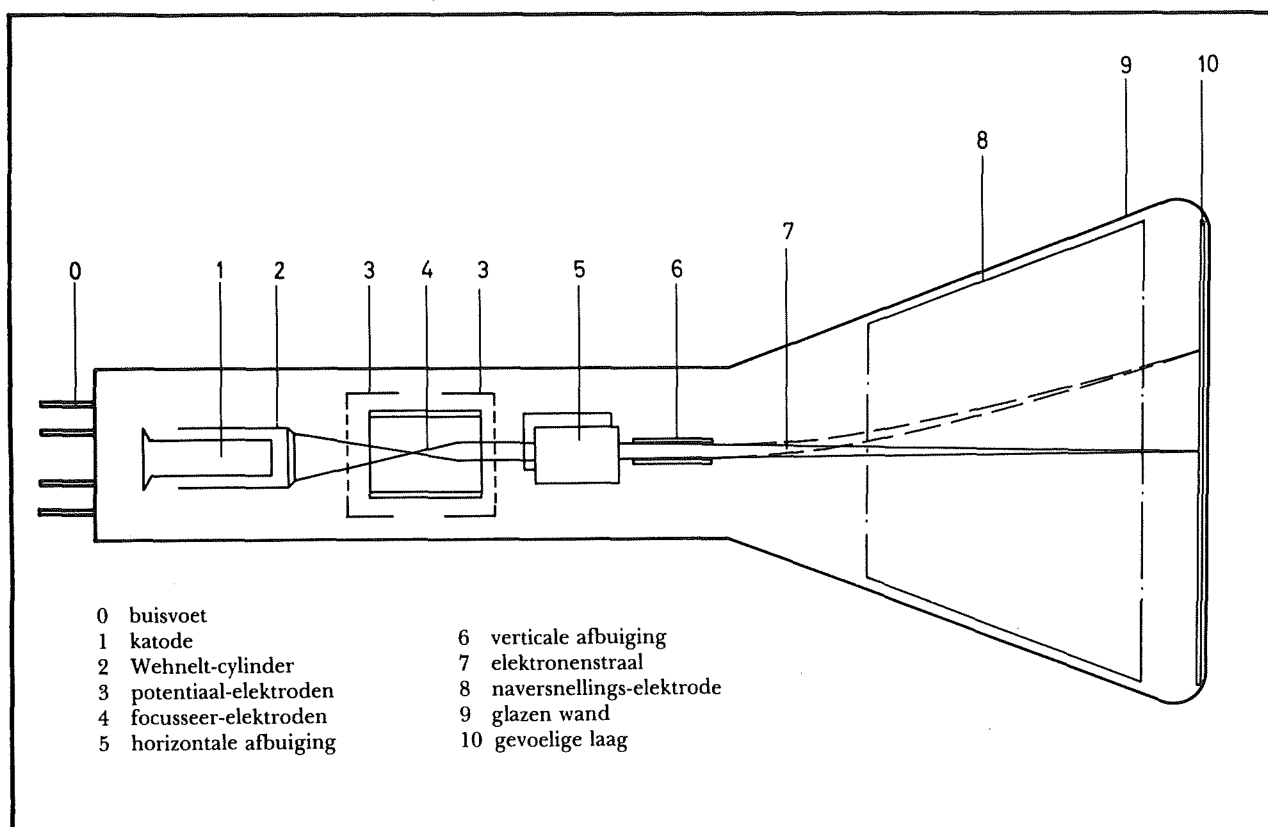
een trigger-schakeling, een schakeling die een puls opwekt als de amplitude van de te meten spanning een bepaalde instelbare drempel overschrijdt. In de meeste gevallen kan men bovendien zowel op alleen positieve of alleen negatieve flanken triggeren. Stelt men de trigger bijvoorbeeld in op positieve flanken en een amplitude van 5 V, dan zal de trigger-schakeling een impuls afgeven op het moment dat de momentele waarde van de meetspanning al stijgende de waarde van 5 V overschrijdt. De trigger-puls start de zaagtand-generator en deze zal één zaagtandperiode opwekken. Er wordt één beeld op het scherm geschreven, waarbij de trigger-voorwaarden het linker beeldpunt vast leggen.

Na deze ene cyclus wacht de scoop tot er opnieuw aan de ingestelde trigger-voorwaarden wordt voldaan. Dit kan dus bij de volgende periode van de meetspanning zijn, maar ook perioden later! Een en ander is afhankelijk van de periodeduur van de zaagtand. Op dat moment wordt het tweede beeld geschreven en omdat ook nu het linker beeldpunt door de trigger-voorwaarden wordt gedefinieerd zullen de beide beelden keurig over elkaar worden geschreven: er ontstaat een stilstaand beeld, zie figuur 3/8.2.3.1-1c. Tot nu toe werd er van uit gegaan dat het beeld automatisch met voldoende helderheid en scherpte op het scherm verschijnt. Dit is echter niet vanzelfsprekend, omdat de hoeveelheid beelden die per seconde wordt geschreven afhankelijk is van een aantal factoren zoals instelling van de afbuigsnelheid, frequentie van het te meten signaal en trigger-voorwaarden. Het is dus noodzakelijk een katodestraalsturing in te bouwen, waarmee men zowel de helderheid van het beeld als de scherpte kan aanpassen aan de meet-voorwaarden.

Uit deze principiële bespreking van de werking van een oscilloscoop kan het blokschema van figuur 3/8.2.3.1-2 rechtstreeks worden afgeleid. Men herkent:
- de verticale voorversterker, die de te meten spanning versterkt of verzwakt;
- de verticale eindversterker, die het te meten signaal geschikt maakt voor het aansturen van de afbuigplaten;
- de trigger-schakeling, die de
- zaagtand-generator laat starten;
- de horizontale versterker, die de zaagtand geschikt maakt voor het aansturen van de horizontale afbuigplaten;
- de katodestraal sturing, die helderheid en scherpte van het beeld regelt;
- de katodestraalbuis zelf;
- de voeding, die zowel de elektronische schakelingen van voedingsspanning voorziet als de noodzakelijke hoogspanning opwekt voor het versnellen van de elektronenstraal.

### 3/8.2.3.2 De katodestraalbuis

In wezen is er niets veranderd aan de fundamentele opbouw van een katodestraalbuis sinds Braun zijn Braunse buis in 1896 ontwikkelde.
De buis bestaat uit een dunne glazen cylinder, aan de ene kant afgesloten met een buisvoet en aan de andere kant aansluitend op een pyramidevormige glazen kolf. De bodem van de pyramide is het scherm, voorzien van een fluorescerende laag. Deze zal licht uitstralen als er elektronen op invallen. Vaak worden de begrippen fluorescentie en fosforescentie verwisseld. Er bestaat echter een grondig fysisch onderscheid tussen beide verschijnselen. Van fluorescentie is sprake als het invallen van elektronen rechtstreekse licht-emissie tot gevolg heeft. Fosforescentie, daarentegen, heeft een geheugenfunctie. Door het invallen van elektronen komen de atomen van de stof in aangesla-




**Figuur 3/8.2.3.2-1:**
Samenstelling van een katodestraalbuis.

gen toestand en deze zullen slechts in een later stadium terugvallen naar de neutrale toestand en op dat moment licht gaan uitzenden.

In het cylindervormig gedeelte van de buis is het tamelijk gecompliceerde elektroden-systeem ondergebracht. De diverse elektroden worden naar buiten gevoerd door middel van pennetjes, die in de meeste gevallen rechtstreeks in de buisvoet zijn ingesmolten. Bij enige uitvoeringen worden de aansluitingen van de vier afbuigplaten niet via de centrale buisvoet, maar via afzonderlijke aansluitingen in de wand van de cylinder toegankelijk gemaakt. Het pyramidevormige gedeelte van de buis is voor het grootste deel aan de binnenzijde voorzien van een geleidende koolstoflaag. Deze laag vormt de naversnellings-elektrode en wordt tevens gebruikt voor het aansluiten van de hoogspanning op de buis.

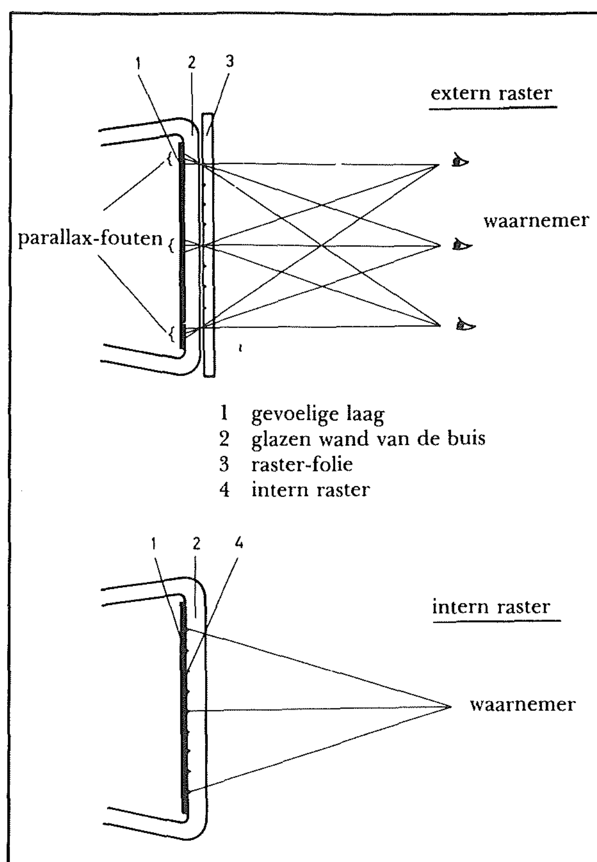
Het elektrodensysteem is samengesteld volgens het schema van figuur 3/8.2.3.2-1. In principe is de werking te vergelijken met deze van de aloude elektronenbuis. De gasdruk in de buis is zeer laag, ongeveer $10^{-4}$ Pa. De elektronen worden opgewekt in een verhitte elektrode, de katode. Deze is voorzien van een stof die elektronen gaat uitzenden als zij wordt opgewarmd. Vandaar de noodzaak van gloeidraad of filament, die in de meeste gevallen met een spanning van 6,3 V moet worden gevoed. Rond de verhitte katode ontstaat een wolk van elektronen. Slechts een deel is in staat door te dringen tot de rest van het systeem. Rond de katode is immers een cylindervormige en van een klein gaatje voorziene stuur-elektrode, Wehnelt-cylinder genoemd, bevestigd.

Door deze constructie zal er een gebundelde straal elektronen door het gaatje uitgezonden worden. De kinetische energie van de elektronen uit deze straal is in te stellen door de Wehnelt-cylinder met een regelbare spanning te verbinden. Hoe groter het spanningsverschil tussen katode en Wehnelt, hoe sneller de elektronen door het gaatje in de Wehnelt vliegen en hoe meer atomen uit de fluorescerende laag van het scherm worden ge-exiteerd. De lichtopbrengst stijgt, de intensiteit van het beeld neemt toe.

Na de Wehnelt doorlopen de elektronen de focusseer-elektroden. Deze vormen een soort van elektronische lens, die de straal bundelt zodat een scherpe punt op het scherm ontstaat. Door de op deze platen aanwezige spanning te variëren kan men de „lens" scherpstellen.
Nadien volgen de twee afbuig-systemen: vier twee aan twee samenwerkende evenwijdige elektroden, onder een onderlinge hoek van 90° in de hals van de beeldbuis opgesteld. De spanning die tussen de platen staat bouwt in de tussenruimte een elektrostatisch veld op, waardoor de elektronen worden afgebogen. Door aan de beide paren spanningen te leggen kan men de spot naar ieder punt van het scherm sturen.
Zoals reeds gezegd bepaalt de snelheid waarmee de elektronen op de schermlaag invallen de lichtopbrengst. Bij korte afbuigtijden zal de snelheid van de straal erg groot moeten zijn om een goed zichtbaar beeld op het scherm te projecteren. Vandaar de laatste elektrode, de naversnellingselektrode, die ervoor zorgt dat de elektronenstraal wordt versneld. Aan deze elektrode wordt een vrij hoge spanning gelegd (kan variëren van enige kV tot verschillende tientallen kV). In de meeste gevallen is deze elektrode uitgevoerd onder de vorm van een op de glaswand opgedampte koollaag, maar er zijn ook buizen op de markt waarin deze elektrode onder de vorm van een spiraalvormig weerstandsnetwerk aanwezig is.

## Het raster van de beeldbuis

Het is meestal de bedoeling niet alleen de globale vorm van de te meten spanning te onderzoeken, maar ook specifieke amplitudewaarden te meten. Het is vandaar noodzakelijk het scherm op de een of andere manier te voorzien van een schaal. Men gebruikt een zogenoemd raster, samengesteld uit een aantal horizontale en verticale lijnen. Bij de meeste oscillocopen liggen deze lijnen 1 cm uit elkaar, bij grote buizen kan deze afstand echter ook 1,28 cm bedragen. De horizontale as is voorzien van 10 schaalverdelingen, de verticale as kan 6, 8 of 10 delen hebben.




**Figuur 3/8.2.3.2-2:**
Het verschil tussen extern en intern raster.

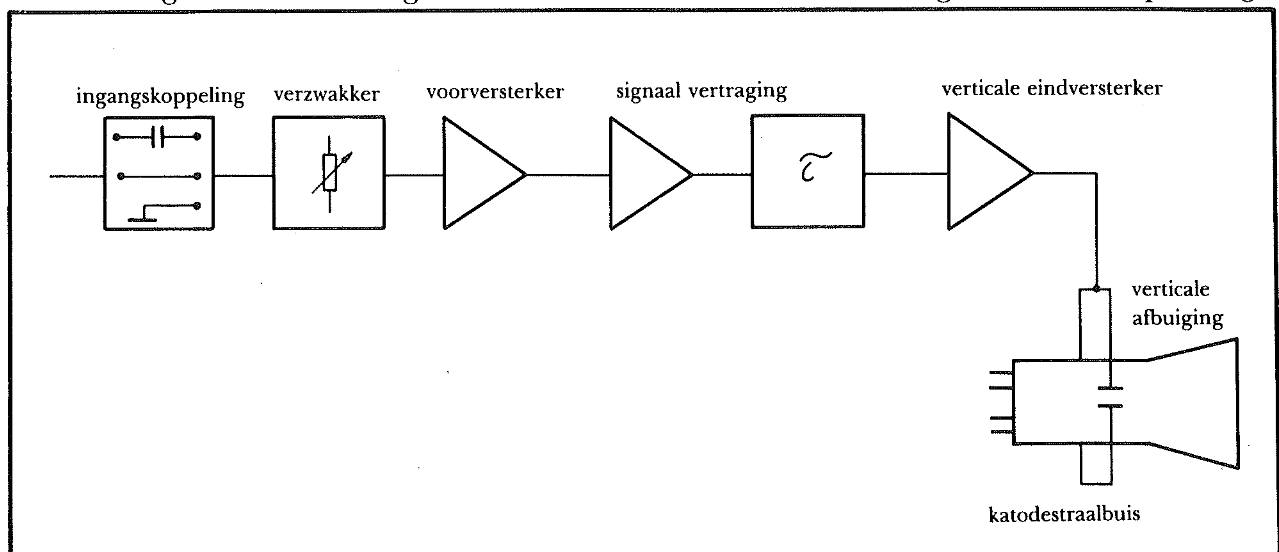
Deze schalen worden gebruikt voor het aflezen van de horizontale tijd-as en de verticale spanning-as. De twee versterkers van het apparaat zijn daartoe voorzien van schakelaars, die in seconde of volt per verdeling zijn geijkt. Stelt men de gevoeligheid van de verticale versterker bijvoorbeeld in op 2 V/div, dan wil dit zeggen dat ieder schaaldeel overeen komt met een spanning van 2 V. Een signaal dat precies tussen twee lijnen van de verticale schermverdeling valt heeft dus een top-tot-top waarde van 2 V.
Het komt er dus op aan de rasterverdeling zo precies mogelijk af te lezen. In goedkope instrumenten is het raster aangebracht op een transparant venster dat op enige afstand voor de buis is opgesteld. Het zal duidelijk zijn dat hiermee geen nauwkeurige aflezing mogelijk is, omdat er parallax-fouten kunnen optreden. Dit wordt verduidelijkt aan de hand van figuur 3/8.2.3.2-2. Naarmate men de positie van de ogen ten opzichte van het scherm wijzigt, zullen ook de projecties van de raster-lijntjes op de gevoelige laag veranderen. Vergeet niet dat het beeld ontstaat op de binnenzijde van het scherm en dat het glas minstens enige millimeters dik is! De afstand tussen beeld en raster bedraagt dan ook al gauw een halve centimeter en er ontstaan grote afleesfouten. De duurdere modellen zijn voorzien van een intern raster. De lijntjes zijn aan de binnenzijde op het scherm geëtst, waarna de gevoelige laag over dit raster wordt aangebracht. Er ontstaan nu geen parallax-fouten, maar het zal duidelijk zijn dat deze technologie gecompliceerder is en deze buizen dus erg duur zijn.

### 3/8.2.3.3 Het verticale systeem

De te meten spanningen kunnen in grootte variëren tussen enige millivolt en enige honderden volt. Het zal dus duidelijk zijn dat het verticale systeem moet beschikken over een gecombineerde versterker/verzwakker. Deze verzwakker is voorzien van een standenschakelaar, geijkt in mV of V per schaalverdeling (mV/div). Deze geijkte verzwakker maakt het mogelijk het schermraster te gebruiken voor het verrichten van absolute amplitude-metingen.

#### De verschillende blokken van het verticale systeem

Het te meten signaal doorloopt enige




**Figuur 3/8.2.3.3-1:**
Blokschema van het verticale systeem.

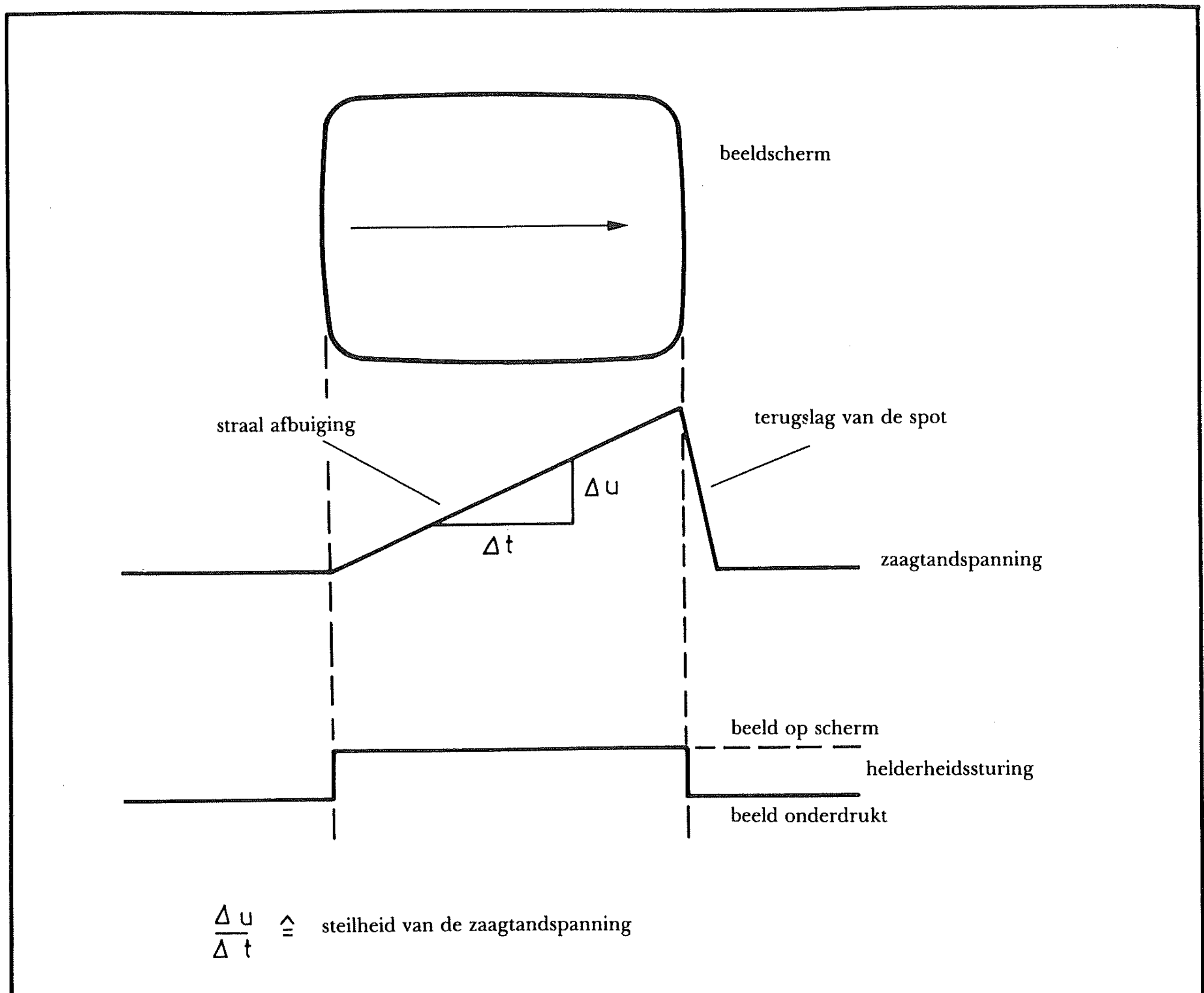
blokken, die in figuur 3/8.2.3.3-1 schematisch zijn voorgesteld.
Het eerste blok is de AC/DC selector, waarmee het mogelijk is signalen zowel rechtstreeks (DC) als door middel van een scheidings-condensator (AC) aan de rest van de schakeling aan te bieden. Op deze manier is het bijvoorbeeld mogelijk alleen de bromspanning die op een voedingsspanning aanwezig is te meten. De 50 of 100 Hz brom gaat door de scheidingscondensator, de gelijkspanning wordt gesperd.
In de meeste gevallen is deze ingangs-selector voorzien van een derde neutrale stand (GND), waardoor het signaal wordt losgekoppeld van de elektronica. Op deze manier is het mogelijk steeds even snel de nulpositie van de lijn op het scherm zichtbaar te maken, zonder iedere keer de meetkabel los te koppelen.

Na deze schakelaar volgt de geijkte ingangsverzwakker, die de geijkte afbuigcoëfficiënten van het verticale kanaal definieert. Deze verzwakker werkt steeds met een 1-2-5 verdeling en loopt van bijvoorbeeld 10 mV/div tot 20 V/div. Deze 20 V is een gestandaardiseerde bovenwaarde, de onderwaarde kan variëren tussen 1 mV en 50 mV, afhankelijk van de prijs van het instrument. Na de verzwakker treft men de voorversterker aan, die het signaal omzet in een goed verwerkbaar gegeven. Bij sommige uitvoeringen is deze voorversterker voorzien van een fijnregeling, waarmee men de grootte van het beeld tussen de in 1/2/5 geijkte stappen continu kan variëren.

Het volgende blok, de signaalvertraging, is niet in alle scoops aanwezig. Bij de duurdere uitvoeringen wordt het signaal in dit blok enigszins vertraagd (enige tientallen ns), zodat de doorlooptijd van het signaal door de trigger-schakeling wordt gecompenseerd. Zou men bijvoorbeeld zonder deze vertraging een snel signaal op de voorflank willen triggeren, dan zou de in de trigger-schakeling ontstane vertraging er voor zorgen dat de voorflank niet zichtbaar is op het scherm.
In de meeste gevallen wordt deze kleine vertraging kunstmatig opgewekt door het signaal door enige lussen coax-kabel te sturen. Het zal echter wel duidelijk zijn dat er heel wat eisen worden gesteld aan de elektronica die het signaal door deze kabel stuurt. Het signaal mag immers niet vervormen!
Na de vertraging volgt de eindversterker, die het signaal omzet in twee enige tientallen volt grote tegengestelde spanningen, die de twee platen van de verticale afbuiging aansturen. Als de spanning op de bovenste plaat stijgt, dan gaat de spanning op de onderste plaat even veel dalen. Dit noemt men symmetrische afbuiging en deze wordt tegenwoordig algemeen toegepast.

### 3/8.2.3.4 Het horizontale systeem

Het horizontale systeem verzorgt de tijdgebonden afbuiging van de elektronenstraal in horizontale zin. Omdat deze afbuiging lineair moet zijn, moet er aan de horizontale platen een lineair stijgende spanning worden aangeboden: een zaagtand.
De steilheid van de zaagtand bepaalt de snelheid waarmee de straal van links naar rechts wordt gestuurd en dus ook de tijdas van het instrument. Een steile zaagtand komt overeen met een zeer snelle afbuiging, een vlakke zaagtand met een zeer trage. Naast deze steilheid is ook de maximale amplitude van het signaal van belang. Deze bepaalt immers de horizontale beeldlengte waarover het beeld wordt uitgesmeerd. In de meeste gevallen komt een momentele amplitude van nul volt



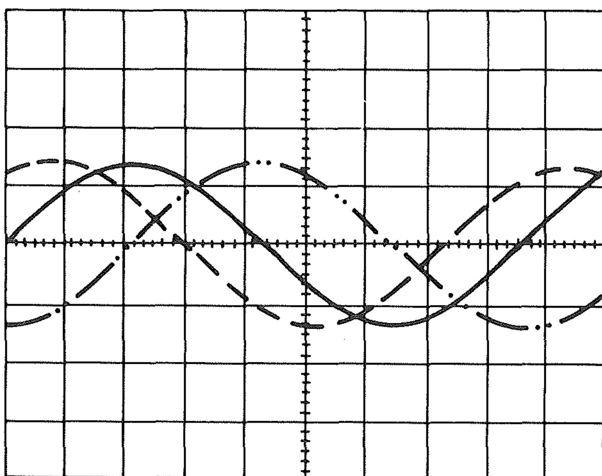

**Figuur 3/8.2.3.4-1:**
Het afbuigen van de elektronenstraal met behulp van een zaagtand.

overeen met spot aan de linker rand van het scherm en maximale amplitude met spot aan de rechter rand van het scherm. De zaagtand moet dus een van de steilheid onafhankelijke maximale amplitude bezitten. Bij sommige scoops is het echter mogelijk de maximale amplitude van de zaagtand met een factor vijf of zelfs tien te vergroten, waardoor slechts een vijfde of een tiende van het beeld op het scherm past. Dit noemt men de elektronische loupe en deze wordt gebruikt om een interessant deel van het beeld uit te vergroten.

Een zaagtand springt na het bereiken van de maximale waarde zeer snel terug naar nul. Op dat moment zal de spot zeer snel van rechts naar links over het scherm worden gestuurd. Men noemt dit de terugloop en deze wordt onderdrukt, zodat dit verschijnsel niet zichtbaar is. De schakeling die voor deze onderdrukking verantwoordelijk is noemt men de helderheidssturing of Z-modulatie. Bij vele modellen kan men deze schakeling ook extern aansturen (Z-mod input, meestal aanwezig op de achterzijde van het apparaat), zodat het voor speciale metingen mogelijk is de spot op ieder gewenst moment te onderdrukken. Er bestaat echter helaas geen

onderlinge standaardisatie over grootte en polariteit van de spanning nodig voor het onderdrukken van de straal. Na de terugloop kan een tweede zaagtand-cyclus starten, maar zoals reeds gezegd is dit afhankelijk van het signaal dat uit de trigger-schakeling komt.

**De trigger-schakeling**
De trigger-elektronica is verantwoordelijk voor het schrijven van een stilstaand beeld op het scherm. In wezen bestaat deze schakeling uit een comparator, die het te meten signaal vergelijkt met een instelbare referentie-spanning. Wordt de momentele grootte van het signaal groter dan deze referentie, dan zal de comparator een uitgangssignaal opwekken dat wordt gebruikt voor het sturen van de zaagtandgenerator. In de meeste gevallen wordt de comparator voorafgegaan door een inverterende versterker, zodat men naar keuze op negatieve of positieve flanken kan triggeren. De potentiometer waarmee men het referentie-signaal voor de comparator instelt noemt men de level-regelaar.



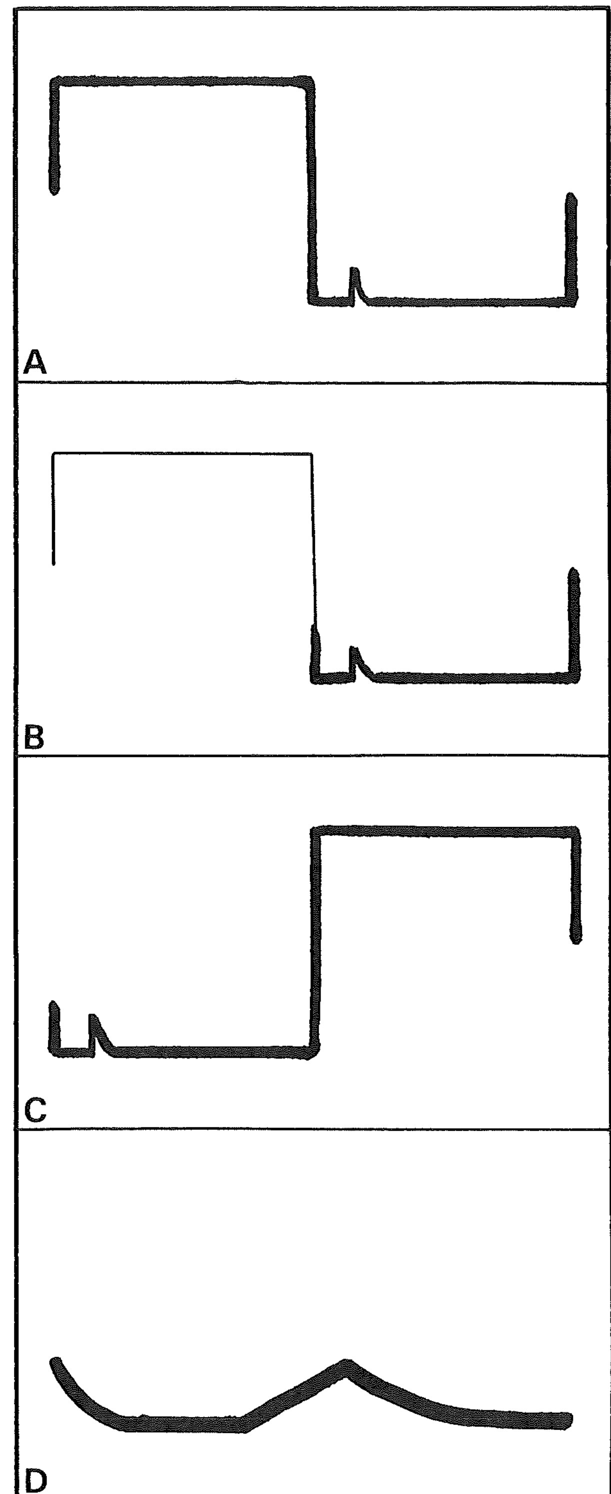
**Figuur 3/8.2.3.4-2:**
Beelden van drie verschillende instellingen van de trigger-regelaar.

De meeste apparaten beschikken over een automatische triggering. Deze zorgt ervoor dat de straal toch op het scherm wordt geschreven, ook als er geen signaal aan de verticale versterker wordt aangeboden. Zonder deze voorziening zou de trigger-schakeling immers geen puls opwekken als er geen meetsignaal aanwezig was en zou de afbuiging niet starten. In de stand „AUTO" van de triggering wordt de zaagtand-oscillator vrijlopend (oscilleert uit zichzelf) als er niet aan de triggervoorwaarden wordt voldaan. Zodra echter een signaal van voldoende grootte aan de ingang verschijnt zal de triggerschakeling trigger-impulsen opwekken en deze nemen het starten van de zaagtand over van de vrijloop-elektronica.

Duurdere oscilloscopen hebben een „SINGLE" trigger-voorziening. In de stand „SINGLE" zal de tijdbasis gesperd worden tot men op een drukknop drukt. Er wordt dan één triggerpuls en dus één zaagtandperiode opgewekt. Deze faciliteit is nuttig als men niet periodieke signalen van het scherm wil fotograferen.

**Trigger-bronnen**
Tot nu toe zijn wij er standaard van uitgegaan dat het triggersignaal wordt afgeleid van het te meten signaal. Dit is niet noodzakelijk en de meeste modellen zijn dan ook voorzien van een „SOURCE"-schakelaar, waarmee men de trigger-bron kan instellen. Naast het triggeren op het meetsignaal kan men de scoop activeren met een extern signaal of de netspanning.
Het eerste is een zeer nuttige voorziening voor het stabiel op het scherm zetten van niet periodieke signalen, zoals vaak in computer-schakelingen worden aangetroffen. Het signaal zélf is te willekeurig van vorm om op te triggeren. Er zit dan niets anders op dan een extern signaal te zoeken waarmee men de scoop kan triggeren. Dit kan bijvoorbeeld een reset-signaal van een teller zijn of een enable-puls

van een geheugen-chip. Dank zij deze externe trigger-ingang kan men de scoop gebruiken voor het zichtbaar maken van signalen in computers. Men moet dan echter wel een afzonderlijk klein schakelingetje ontwerpen, waarmee het mogelijk wordt ingewikkelde trigger-voorwaarden, samengesteld uit de condities van verschillende signalen, te definiëren.
Het triggeren op de netspanning is nuttig als men bijvoorbeeld brom-signalen op voedings- of signaallijnen stilstaand op het scherm wil zetten. Vaak is de brom veel kleiner dan het nuttige signaal en interne triggering geeft dan een stilstaand signaal-beeld, waarop de brom gesuperponeerd is. Door op de netfrequentie te triggeren worden de rollen omgedraaid en komt de 50 of 100 Hz brom stabiel op het scherm. Een tweede belangrijke toepassing van het triggeren op het net is het meten in televisie-toestellen. Met net-triggering is het bijvoorbeeld mogelijk een video-signaal, dat immers ook netgesynchroniseerd is, stabiel op het scherm te zetten.
Over TV gesproken, een aantal oscilloscopen beschikt daarnaast over een schakeling waarmee het mogelijk is ook op de lijn-synchronisatie-pulsen uit een videosignaal te triggeren. Het is namelijk zo goed als onmogelijk de interne triggering af te stellen op deze smalle tussen de video-informatie verborgen pulsjes.
Tot slot beschikt een aantal modellen nog over een faciliteit om afwisselend op het ene en op het andere verticale kanaal te triggeren. Dit geldt natuurlijk alleen voor twee-kanaals of twee-straals apparaten. Op deze manier is het mogelijk twee signalen die geen enkele onderlinge synchronisatie hebben, toch stilstaand op het scherm te zetten.



**Figuur 3/8.2.3.4-3:**
De vier verschillende fasen bij het inschakelen van de vertraagde triggering.

**Vertraagde triggering**

Duurdere oscilloscopen zijn uitgerust met een zogenoemde „DELAY”-schakeling. Hiermee is het mogelijk het moment

waarop de trigger-elektronica een startpuls naar de zaagtand-oscillator stuurt te vertragen. Dit is zeer nuttig als men slechts in een onderdeel van een signaal geïnteresseerd is. Figuur 3/8.2.3.4-3 geeft een voorbeeld. Bij het meten in een laagfrequent versterker verschijnt het plaatje -A- op het scherm. Op de zuivere blok die men in de versterker stuurt ontstaat na een bepaalde trap een vreemdsoortige dip. Men wil dit verschijnsel grondiger bestuderen, maar het heeft geen zin de tijdbasis-snelheid te verhogen. De dip verdwijnt dan immers uit het beeld! Zonder DELAY zou men hoogstens kunnen proberen de triggering in te stellen op het niveau van de dip, hetgeen hoogst waarschijnlijk niet zou lukken, omdat dit niveau volledig binnen de niveaugrenzen van de blok ligt en de comparator in de trigger-elektronica geen verschil ziet tussen de dip en de blok-curve.

Bij een scoop die is uitgerust met een vertraagde triggering kan men nu echter de triggering zodanig vertragen, dat het trigger-moment precies vóór de aanvang van de interessante dip plaats vindt. De meeste scoops zijn daartoe uitgerust met een „SEARCH"-schakelaar en potentiometer.

Bij het bedienen van deze schakelaar zal het beeld slechts na afloop van de met de potentiometer ingestelde tijd zichtbaar worden. Het linker gedeelte van het beeld wordt dus onderdrukt (-B-) en men kan de vertraging zo instellen dat het beeld precies vóór de dip weer verschijnt. Men schakelt vervolgens over op de stand „DELAY" en het plaatje van -C- verschijnt op het scherm. Door de vertraging op de start van de zaagtand is het beeld naar links opgeschoven en start nu precies voor de dip. Men kan vervolgens de tijdbasis op een snellere stand zetten, waardoor de dip uitgebreid in beeld komt (-D-).

**De rest van het horizontale systeem**

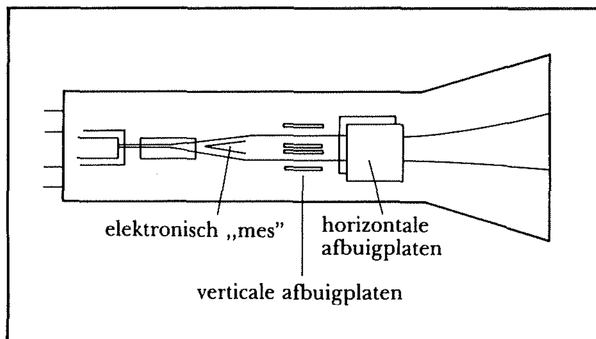
In feite is het horizontale systeem na de zaagtand-generator identiek opgebouwd als het reeds besproken verticale systeem. De uitgang van de zaagtandgenerator wordt versterkt en door een eindversterker omgezet in twee geïnverteerde signalen die het paar afbuigplaten sturen.
Wel is het in de meeste gevallen zo dat de bandbreedte van de horizontale versterker veel kleiner is dan deze van de verticale versterker. Meestal is de verhouding een factor 5 of zelfs 10. In de meeste gevallen kan men de zaagtand uitschakelen en een extern signaal aan de horizontale versterker aanbieden. Men beschikt dan over de zogenoemde X-Y-faciliteit, waarmee het mogelijk is twee signalen in frequentie en/of fase met elkaar te vergelijken. Men moet echter hierbij rekening houden met de beperkte bandbreedte van de horizontale versterker en het feit dat deze meestal een veel lagere gevoeligheid heeft dan zijn verticale soortgenoot.

### 3/8.2.3.5 Tweestraals- en tweekanaals-oscilloscopen

Vaak is het noodzakelijk de onderlinge tijd-relatie tussen twee signalen te bestuderen. Met een gewone eenkanaals-oscilloscoop is dat niet zo eenvoudig. Men kan het ene signaal aan de verticale versterker aanbieden en het apparaat later triggeren met het tweede signaal. Er komt echter vaak heel wat interpretatie-vermogen bij kijken om precies duidelijk te krijgen hoe de twee signalen zich verhouden.
Vandaar dat men apparaten heeft ontwikkeld waarmee het mogelijk is twee signalen tezelfdertijd op het scherm zichtbaar te maken. Er bestaan twee systemen. Bij tweestraals-instrumenten wordt, de naam zegt het reeds, gebruik gemaakt van twee elektronenstralen die ieder één signaal op het scherm schrijven. Bij tweekanaals scoops wordt gebruik gemaakt van een

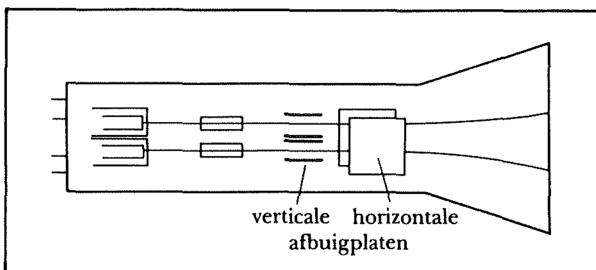
standaard katodestraalbuis en deze wordt langs elektronische weg afwisselend met het ene en met het andere signaal gestuurd.

**Tweestraals-systemen**
Er bestaan drie verschillende katodestraalbuizen-systemen:
- de split beam buis;
- de dual beam buis;
- de dual gun buis.



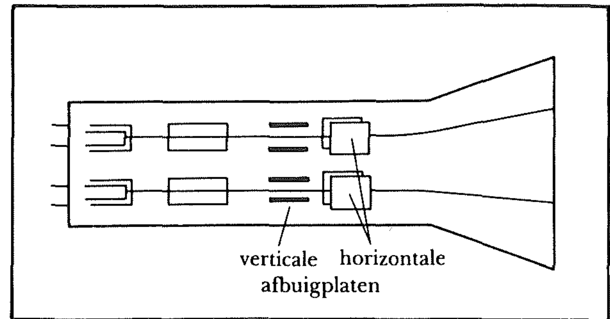

**Figuur 3/8.2.3.5-1:**
De split beam katodestraalbuis.

De split beam buis (zie figuur 3/8.2.3.5-1) is voorzien van slechts één elektronen-kanon (zo noemt men de combinatie gloeidraad, katode en Wehnelt). De enkele straal wordt nadien in twee delen gesplitst met een speciale elektrode. De buis is voorzien van twee paren verticale platen en slechts een paar horizontale afbuigelektroden. De deel-stralen kunnen dus individueel in verticale richting over het scherm worden gestuurd, maar de snelheid in horizontale richting is identiek.




**Figuur 3/8.2.3.5-2:**
De dual beam katodestraalbuis.

Bij de dual beam buis (figuur 3/8.2.3.5-2) zijn er twee afzonderlijke elektronen-kanonnen in de buis aanwezig. In feite treffen wij in deze buis twee volledig afzonderlijke systemen aan, op de horizontale afbuiging na die gemeenschappelijk is.

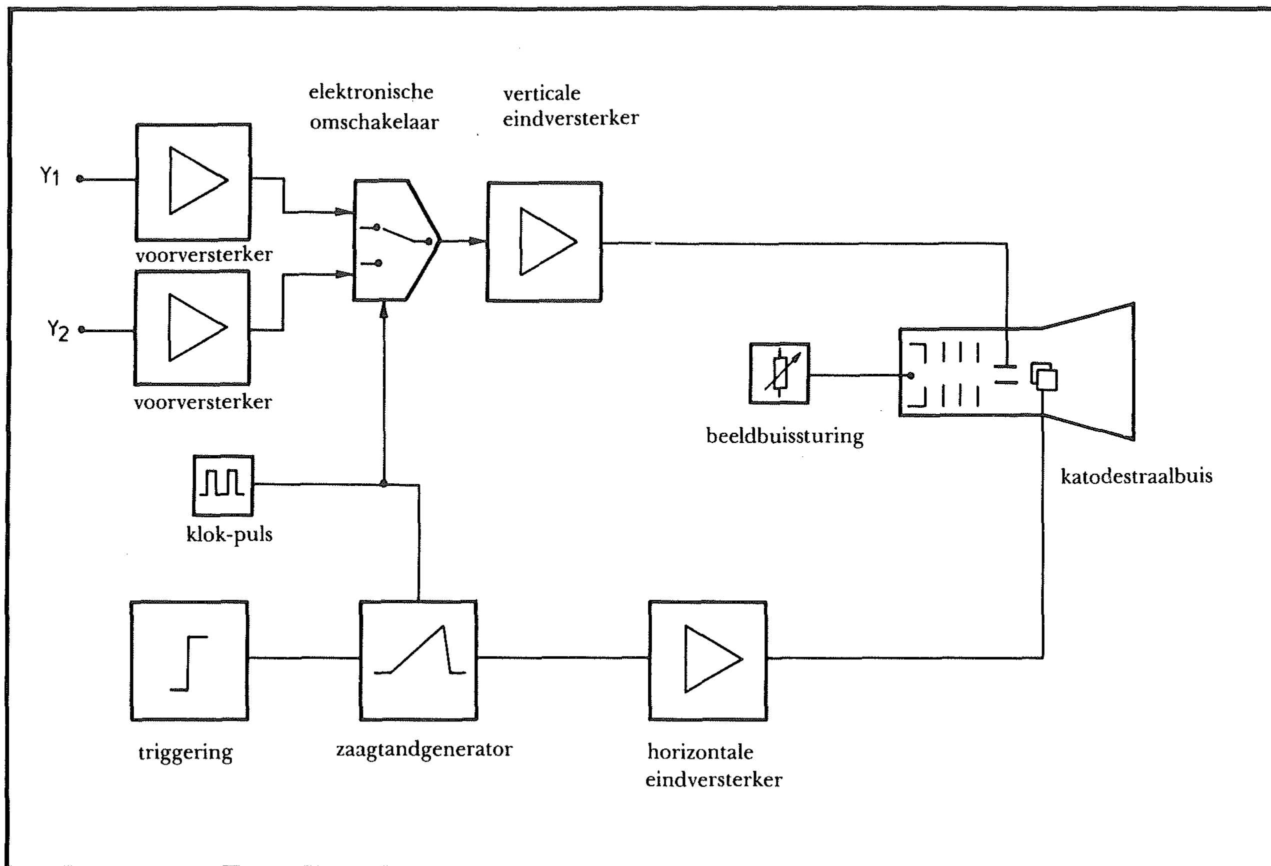



**Figuur 3/8.2.3.5-3:**
De dual gun katodestraalbuis.

De dual gun buis is opgebouwd uit twee volledig gescheiden systemen. De twee stralen kunnen onafhankelijk van elkaar in alle richtingen over het scherm bewogen worden.
Het zal duidelijk zijn dat deze buizen aanmerkelijk duurder zijn dan de enkelstraals uitvoeringen. Men gebruikt ze dan ook slechts in de zeer dure professionele oscilloscopen.

**Tweekanaals-systemen**
Het tweekanaals-systeem wordt in alle op de markt zijnde goedkope apparaten aangetroffen.

Zoals uit het blokschema van figuur 3/8.2.3.5-4 blijkt, zijn deze apparaten uitgerust met twee afzonderlijke, maar identieke verticale voorversterkers. Na deze voorversterkers volgt een elektronische omschakelaar die beide signalen afwisselend aan de eindversterker aanbiedt. Deze schakelaar wordt gestuurd uit een klokgenerator. Omdat beide voorversterkers zijn uitgerust met eigen positie-regelaars kan men de twee signalen onder elkaar op het scherm zetten. De klok werkt zo snel dat het door de traagheid van het menselijk oog lijkt alsof de twee signalen gelijk-




**Figuur 3/8.2.3.5-4:**
Blokschema van een tweekanaals scoop.

tijdig geschreven worden en niet om en om.
Er bestaan twee systemen voor het sturen van de elektronische schakelaar:
- chopped;
- alternate.

In de chopped-mode wordt de schakelaar met een zeer hoge klok-frequentie gestuurd. Beide signalen worden dus als het ware in stukjes gehakt en de spot schrijft eerst een stukje van het ene signaal op het scherm, nadien een stukje van het tweede signaal, dan weer het volgend stukje van het eerste signaal en zo verder. In figuur 3/8.2.3.5-5a is dit overdreven voorgesteld.

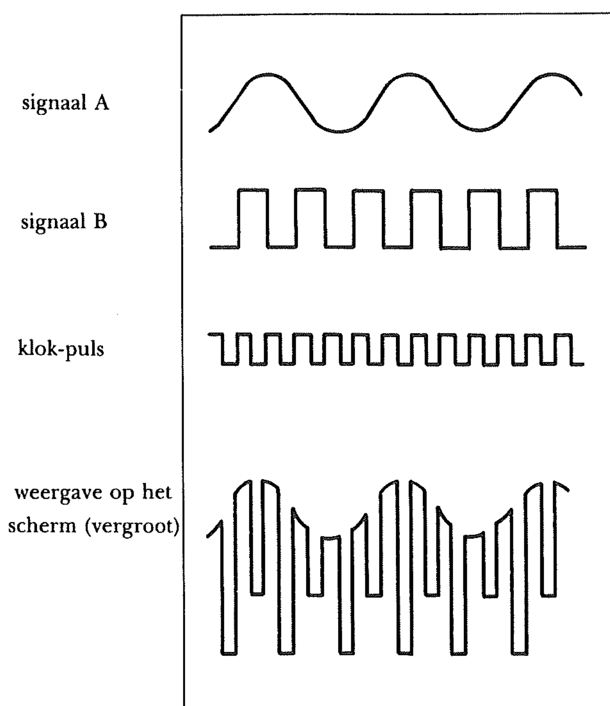
In werkelijkheid liggen de afzonderlijke stukjes zo dicht bij elkaar dat de indruk van een gesloten lijn ontstaat, zie figuur b.
De spot wordt tijdens de overgang van het ene naar het andere kanaal onderdrukt door een extra aan de Z-modulatie aangeboden signaaltje.
Dit systeem werkt prima voor signalen met lage frequenties. Als echter de signaal- en dus ook de afbuig-frequentie toeneemt zal deze in de buurt van de klokfrequentie van de elektronische schakelaar komen te liggen en op dat moment gaat het fout. Het beeld wordt onrustig, soms vallen hele delen weg en men ziet vaak de afzonderlijke stukjes duidelijk gescheiden op het scherm verschijnen.

Gelukkig kan men dan omschakelen naar de alternate-mode. Bij dit systeem wordt eerst een volledig beeld van het ene signaal op het scherm geschreven en nadien

een volledig beeld van het andere signaal. Men heeft nu, zelfs bij de hoogste afbuigsnelheden, geen last meer van de genoemde verschijnselen. Maar anderzijds is de alternate-mode volledig ongeschikt om zeer trage verschijnselen te onderzoeken. Het heen en weer springen van de spot na het schrijven van ieder beeld is dan zeer hinderlijk. Kortom: „chopped" voor lage frequenties, „alternate" voor hoge!

### 3/8.2.3.6 Speciale oscilloscopen

Er bestaan een aantal speciale uitvoeringen van de scoop en hoewel het niet zo vaak zal voorkomen dat men deze modellen aantreft in het instrumentarium van de gemiddelde doe-het-zelver zou een hoofdstuk over oscilloscopen niet compleet zijn zonder deze al is het maar oppervlakkig te bespreken.



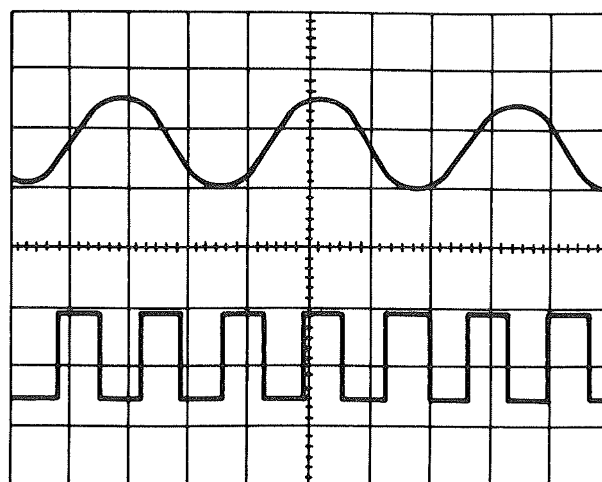

**De analoge geheugen oscilloscoop**

Conventionele scoop's zijn ideaal voor het observeren van periodieke signalen met een frequentie van ongeveer 10 Hz tot enige honderden MHz.

Ligt de signaal-frequentie in het Hz-gebied, dan moet men de tijdbasis op een zodanige lage snelheid zetten dat er geen volledig beeld op het scherm verschijnt, maar een puntje dat zich langzaam van links naar rechts over het scherm verplaatst. De traagheid van het menselijke oog is te klein om deze trage bewegingen tot een vloeiend beeld te laten samensmelten! Het is dan niet zo eenvoudig de juiste vorm van het signaal van het scherm af te lezen.

Een tweede probleem bij conventionele oscilloscopen treedt op bij het observeren van eenmalige verschijnselen, zoals inschakelpulsen, stoorpulsen, etc. Weliswaar zal de trigger-schakeling de tijdbasis starten, maar er wordt slechts één beeld van het kortstondige verschijnsel op het scherm geschreven en dit is alweer verdwenen voor de waarnemer in staat is geweest het beeld goed te interpreteren.

Voor deze twee problemen heeft men de



**Figuur 3/8.2.3.5-5:**
Het op het scherm schrijven van twee signalen met een tweekanaals scoop. Figuur a: het heen en weer schakelen tussen kanaal A en kanaal B overdreven voorgesteld, figuur b: het echte beeld op de scoop is samengesteld uit twee aaneengesloten grafieken, omdat de omschakelfrequentie veel hoger is dan de signaalfrequentie.

geheugen-scoop ontwikkeld. Zoals de naam reeds doet vermoeden is zo'n apparaat uitgerust met een geheugen, zodat het in staat is een eenmalig beeld te „onthouden".
Bij de analoge geheugenscoop is dit geheugen in de katodestraalbuis ingebouwd! Het gaat te ver om de ingewikkelde fysische processen die daarbij gebruikt worden gedetailleerd te beschrijven. Het komt er op neer dat de elektronenstraal het beeld op een speciale geheugen-elektrode onder de vorm van een ladingspatroon opslaat en dat dit beeld nadien zichtbaar wordt gemaakt door deze elektrode te „besproeien" met elektronen die afkomstig zijn uit speciale sproei-katoden. Het ladingspatroon blijft hierbij gedurende lange tijd op de geheugen-elektrode bewaard.

**De digitale geheugen oscilloscoop**

De analoge geheugenbuizen zijn zeer duur en de analoge geheugentechniek wordt dan ook alleen maar in de erg dure apparaten aangetroffen. Gelukkig bestaat er een redelijk goedkoop alternatief. Bij de digitale scoop wordt het ingangssignaal omgezet in een groot aantal digitale codes. De samenstelling van deze code is afhankelijk van de momentele grootte van het signaal. Men zegt dat het te meten signaal een groot aantal malen „bemonsterd" wordt. Deze „monsters" worden aangeboden aan een analoog naar digitaal omzetter, die er voor zorgt dat de amplitude van het „monster" wordt omgezet in een 16 of 32 bits binaire code. Deze codes worden opgeslagen in een geheugen. Als het geheugen vol is stopt het inlees-proces. Men kan nu deze codes heel snel achter elkaar uit het geheugen lezen, door middel van een digitaal naar analoog omzetter weer omvormen in een analoge spanning en deze verschillende teruggewonnen „monsters" uitlezen op het scherm van een gewone beeldbuis.
Het digitale systeem heeft enige nadelen. Zo gaat alle informatie tussen twee „monsters" verloren. Zou er in zo'n tussentijd bijvoorbeeld een zeer smalle puls op het te meten signaal optreden, dan zal men daar niets van op het scherm terug vinden. In principe bestaat het herwonnen beeld uit een groot aantal puntjes. Men heeft echter technieken ontwikkeld om deze afzonderlijke puntjes met lijntjes te verbinden zodat er toch een ononderbroken beeld op het scherm verschijnt. Verder bestaat de kans dat er grote interpretatie-fouten ontstaan als de signaal-frequentie in de buurt van de bemonsterings-frequentie komt te liggen. Maar het grote voordeel van de digitale geheugenscoop is zijn lage prijs.

Wie naast zijn interesse in elektronica zich ook bezig houdt met computers en een Commodore C-64 of Sinclair Spectrum bezit kan, dank zij enige redelijk goedkope apparaatjes, zijn computer gebruiken als geheugen voor het opslaan van de signaal-monstertjes. Voor de Spectrum wordt er door de zweede firma Circuit Design een CX81-OSC geleverd, die 250000 monsters per seconde kan nemen en de resultaten opslaan in het geheugen van de computer. De maximale bemonsterings-frequentie is 250 kHz en er kunnen drie beelden in het geheugen worden opgeslagen en afwisselend op het scherm van de scoop gezet. Men kan bovendien talrijke metingen op het signaal verrichten, zoals het bepalen van de amplitude van het signaal op een willekeurige plaats van het display en het meten van het tijdsinterval tussen twee cursors.
Voor de C-64 wordt door de Nederlandse firma Maris Electronics de MAC-64 geleverd, waarvan nadere gegevens op dit moment ontbreken (het apparaat is nog in ontwikkeling).

**De sampling oscilloscoop**
Gewone scoop's zijn bruikbaar tot ongeveer 500 MHz. Boven deze grens treden er tal van fundamentele problemen op, zoals de bandbreedte van de versterkers, de lineariteit van de afbuiging en de looptijd van de elektronen tussen de afbuigplaten.
Het is echter mogelijk door een speciale bemonsterings-techniek deze beperkingen te omzeilen. In principe komt dit „samplen" neer op het bij iedere periode nemen van een monster. Ieder monster is echter iets in tijd verschoven. Na x aantal monsters heeft men toch een indruk over het vormverloop van een periode van het zeer hoogfrequente signaal.
Er bestaan twee systemen. Bij de sequentiële sampling bestaat er een vast tijdverschil tussen de opeenvolgende monsters, zodat de vorm van een periode van het signaal wordt opgebouwd uit x monsters, die even ver van elkaar liggen. Bij het randomsampling procédé worden de monsters statistisch over de periode van het signaal verdeeld.
Sampling scoops zijn beschikbaar tot bandbreedtes van 18 GHz!

**De spectrum analyser**
De spectrum analyser wordt gebruikt voor het onderzoeken van de harmonische samenstelling van een signaal. Zoals bekend kan ieder signaal ontbonden worden in een fundamentele en een reeks harmonischen (theorie van Fourier) die frequenties hebben gelijk aan veelvouden van de frequentie van de fundamentele. De horizontale as van het scherm is nu niet geijkt in tijd, maar in frequentie. Het ingangssignaal wordt naar een groot aantal zeer smalbandige doorlaatfilters gestuurd, die de harmonischen uit het samengestelde signaal afzonderen en de amplitude ervan berekenen. Iedere amplitude van een harmonische wordt op het scherm voorgesteld door een verticaal streepje op de overeenstemmende horizontale frequentie-as.
Dit systeem is alleen maar bruikbaar als het aantal banden waarin het signaal wordt opgesplitst redelijk klein is. Voor breedbandige systemen maakt men gebruik van een afstembaar banddoorlaatfilter, waarvan de centrale frequentie over het te onderzoeken frequentie-spectrum wordt geschoven. De uitgangsspanning van het filter is steeds een maat voor de amplitude van de harmonische waarop het filter is afgestemd. De uitgangsspanning wordt aangeboden aan de verticale versterker, de horizontale versterker wordt gestuurd met de spanning waarmee men de centrale frequentie van het filter verschuift. Op deze manier ontstaat een amplitude in functie van frequentie diagram.
Spectrum analysatoren worden gebruikt voor het onderzoeken en analyseren van mengfrequenties, gemoduleerde signalen, etc.

**De karakteristieken schrijver**
Met deze apparaten kan men het verband tussen de ingangs- en uitgangsparameters van onderdelen onder de vorm van een grafiek op het scherm zetten. Men kan bijvoorbeeld transistoren onderzoeken op het verband tussen basis- en collectorstroom of de stroom-spannings curve van een zenerdiode uittekenen.
In de meeste gevallen wordt de ingangsparameter door het apparaat zelf geleverd (bijvoorbeeld een in stappen toenemende basisstroom of een lineair stijgende spanning) en zijn er interne schakelingen aanwezig waarmee de uitgangsparameter wordt bepaald. Dit soort apparaat wordt vaak gebruikt voor het „paren" van onderdelen. Men kan stellen dat twee transistoren identiek zijn als zij een identiek stel $I_C = f(U_{CE})$ karakteristieken be-

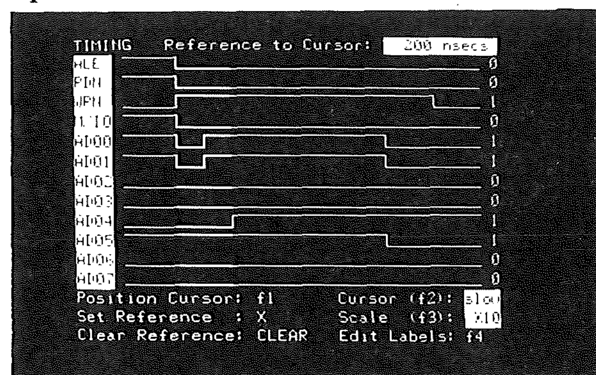
zitten. Vaak zijn deze apparaten dan ook voorzien van twee aansluitblokjes zodat men twee te vergelijken onderdelen in een keer in de meting kan opnemen en door middel van een schakelaar de karakteristieken rechtstreeks op het scherm kan vergelijken.

**De grootbeeld oscilloscoop**

Katodestraalbuizen voor oscilloscopen hebben en schermoppervlakte van 10 bij 8 cm² of van 12 bij 10 cm². Deze apparaten zijn dus in feite alleen bruikbaar in het laboratorium, waar de waarnemer er meestal niet verder dan 1 meter van verwijderd is. Voor demonstratie doeleinden en instructie staan echter ook grootbeeld oscilloscopen ter beschikking. Deze zien er oppervlakkig net zo uit als een computer-monitor, maar de elektronica die gebruikt wordt voor het afbuigen van de elektronenstraal is wezenlijk anders.
Er bestaan twee afbuigsystemen.
De elektromagnetische afbuiging werkt, net zoals bij een TV of monitor, met afbuigspoelen in plaats van afbuigplaten. Toch kan men door gebruik te maken van speciale spoelconstructies en afbuigschakelingen signalen tot ongeveer 1 MHz zichtbaar maken, hetgeen heel wat meer vraagt dan de bandbreedte van zelfs de beste computer-monitor te bieden heeft!
Er bestaan ook grootbeeld apparaten met elektrostatische afbuiging en deze gaan tot ongeveer 20 MHz. Er worden echter zeer grote eisen gesteld aan de eindversterkers, want het zal duidelijk zijn dat er grote spanningsverschillen tussen de platen moeten optreden om de spot in voldoende mate af te buigen.

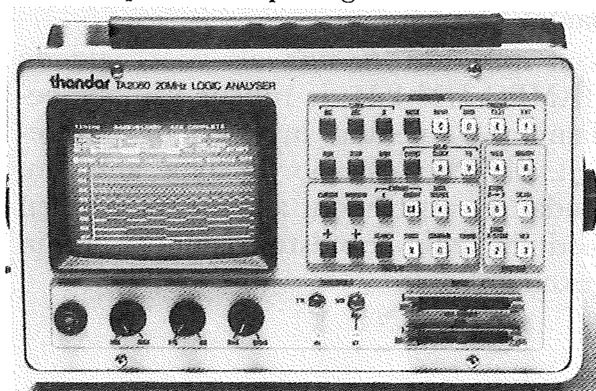
**De logic analysers**

Hoewel oscilloscopen zeer veelzijdige meetinstrumenten zijn is er toch één gebied waar deze apparaten vrij machteloos aan de kant moeten blijven staan. En laat dit nu net dàt gebied zijn waar eenieder tegenwoordig de mond vol van heeft: computers!
Computers zijn digitale schakelingen en niet zozeer de momentele waarde van een spanning is van belang als wel de samenhang tussen vele verschillende signalen. Zo zullen de gegevens op de adresbus steeds in groepen van 16 bits op de 16 beschikbare adreslijnen voorkomen en het is de onderlinge relatie van deze 16 signalen die bepaalt of de computer goed of fout zal reageren op een bepaalde instructie. Hetzelfde kan gezegd worden van de acht data-lijnen van de data-bus. Daarnaast treden er in computer-schakelingen nog een aantal besturingssignalen op, die bepaalde tijdrelaties onderhouden met de data- en adres-signalen.
Wil men met succes fouten opsporen in computer-schakelingen, dan moet men over een instrument beschikken dat de tijdrelatie tussen minstens 16 signalen in beeld brengt. Maar er is nog een tweede probleem. De trigger-schakeling van een normale scoop werkt uitstekend als er aan het apparaat een regelmatig periodiek signaal wordt aangeboden. In computers komen dit soort signalen nauwelijks voor. De opeenvolging van "H" en "L" is schijnbaar willekeurig en de trigger-schakeling weet er geen raad mee: het is onmogelijk een stilstaand en interpreteerbaar beeld op het scherm te zetten.




**Figuur 3/8.2.3.6-1:**
Schermbeeld van de logic analyser.

Vandaar heeft men de logische analysatoren ontwikkeld. Deze apparaten beschikken over 16 tot 32 ingangen waarop evenveel logische spanningen kunnen worden aangesloten. Op het scherm verschijnt dan een overzicht van de tijdrelaties tussen deze signalen (figuur 3/8.2.3.6-1). Deze gegevens worden bovendien in een geheugen opgeslagen en men kan „heen en weer scrollen" in de inhoud van het geheugen. Op het scherm kan dus steeds een ander venster, een ander deel van het geheugen, zichtbaar worden gemaakt. Maar er is veel meer. Logic analysers beschikken over uitgebreide trigger-faciliteiten. Zo kan men het inlezen van de gegevens in het geheugen synchroniseren met een zeer specifieke eenmalig voorkomende logische combinatie op bijvoorbeeld acht afzonderlijke trigger-ingangen. De duurdere uitvoeringen zijn bovendien in staat de machine-code instructies die op de data-bus verschijnen rechtstreeks om te zetten naar „mnemonics"-afkortingen op het scherm. Men kan dus het uitwerken van programma's op processor-niveau stap voor stap volgen.

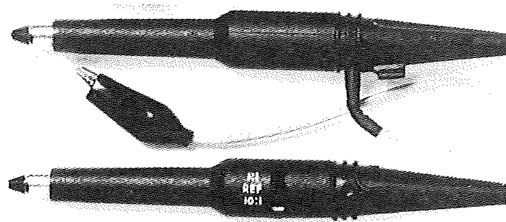



**Figuur 3/8.2.3.6-2:**
De TA 2080 logic analyser van Thandar.

Voor de doe-het-zelvers die over een Spectrum of C-64 computer beschikken staan er twee kleine apparaatjes ter beschikking, die hun computer-oscilloscoop combinatie omvormen tot een eenvoudige logic analyser. Voor de Spectrum wordt deze uitbreiding geleverd door de Engelse firma SEAL Electronics. Deze „personal logic analyser" heeft 16 kanalen en heeft een geheugen waarin 1999 samples kunnen worden opgeborgen. Voor de C-64 staat het reeds eerder genoemd MAC-64 systeem van Maris Electronics uit Apeldoorn ter beschikking.

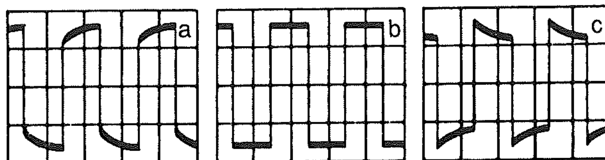
### 3/8.2.3.7 Het aansluiten van de scoop op de schakeling

Alle moderne scoop's zijn voorzien van afgeschermde BNC-ingangsbussen waarop men coaxiale meetkabels moet aansluiten. Nu kunnen deze kabels een probleem vormen bij het meten van HF-signalen of bij pulsen met extreem kleine stijgtijden. Een coaxiale kabel is samengesteld uit een centrale geleider, omgeven door een uit koperdraadjes gevlochten afschermingsmantel. Beide geleiders lopen parallel op een onderlinge afstand van enige millimeter en in feite vormt een kabel dus een soort van capaciteit! Deze bedraagt enige tientallen pF. Daarnaast heeft de ingang van de scoop ook een bepaalde capaciteit (enige tientallen pF). Het meetpunt wordt dus belast met een condensator van ongeveer 50 pF, die tussen het meetpunt en de massa is geschakeld. Deze parallelle capacitieve belasting vormt met de eigen inwendige impedantie van het meetpunt een passief laagdoorlaatfiltertje. De hoge harmonischen uit het signaal worden dus verzwakt, hetgeen zich uit in het verslechteren van de stijgtijd van gemeten signalen.



**Figuur 3/8.2.3.7-1:**
Een 1/1 meetstift (boven) en een 1/10 verzwakker-probe met zeer lage capaciteit (onder).

Men kan dit probleem oplossen door gebruik te maken van verzwakker meetprobes (figuur 3/8.2.3.7-1). In deze probes is een weerstand ingebouwd, meestal 9 M-Ohm, die een spanningsdeler vormt met de gestandaardiseerde 1 M-Ohm ingangsimpedantie van de verticale ingang van de scoop. Nu zou deze hoge weerstand een nog veel funester laagdoorlaatfilter vormen met de reeds besproken kabel-capaciteit en paracitaire ingangs-capaciteit van de scoop. Vandaar dat deze verzwakker gecompenseerd is, door over de weerstand van 9 M-Ohm een kleine instelbare condensator te schakelen. Door deze te verdraaien kan men de verzwakker compenseren, dat wil zeggen dat de capacitieve en resistieve aandelen van de spanningsdeler aan elkaar gelijk worden gemaakt.




**Figuur 3/8.2.3.7-2:**
Het afregelen van de trimmer in de probe
a: ondergecompenseerd;
b: gecompenseerd;
c: overgecompenseerd.

Iedere scoop is uitgerust met een uitgang waarop een blokgolf van enige honderden millivolt aanwezig is. Men moet de punt van de verzwakker-probe met deze uitgang verbinden en de trimmer in de probe afregelen tot het beeld van figuur 3/8.2.3.7-2b op het scherm verschijnt. Figuur a verschijnt op het scherm als de probe ondergecompenseerd is: de probe werkt dan als laagdoorlaatfilter en de hogere harmonischen in het meetsignaal worden verzwakt. Figuur c geeft het beeld voor een overgecompenseerde meetstift. Er is nu teveel capaciteit ingeschakeld, de hogere harmonischen worden minder verzwakt dan de lagere frequenties, hetgeen aanleiding geeft tot het ontstaan van „glitches" op pulsen.

Het zal duidelijk zijn dat het van het grootste belang is deze afregeling goed uit te voeren. Een niet gecompenseerde probe zet totaal onbetrouwbare plaatjes op het scherm! Men moet bovendien deze afregeling regelmatig herhalen, omdat de probe aan zware mechanische belastingen bloot staat en daardoor de afregeling van de trimmer kan verlopen.

### 3/8.2.3.8 De bedienings-elementen van een oscilloscoop

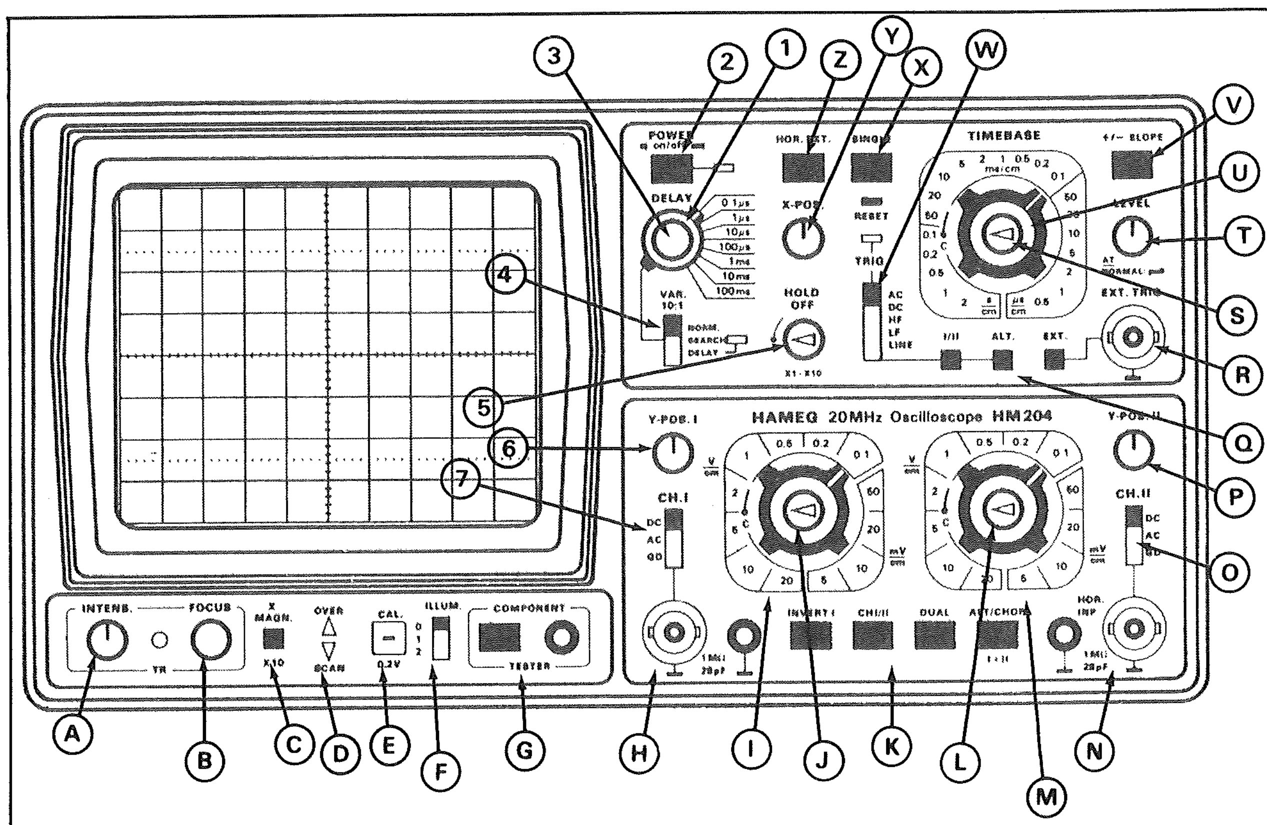
Het zal duidelijk zijn dat een oscilloscoop een relatief ingewikkeld instrument is met heel veel mogelijkheden en dit komt tot uiting in het groot aantal bedieningsknoppen en schakelaars. Zelfs (goede) hobby-instrumenten bieden op dit moment zoveel mogelijkheden dat er een dertigtal knoppen en schakelaars nodig is om dit alles te bedienen en in te stellen.

Dat kan verwarrend zijn en heel veel doe-het-zelvers zullen dan ook niet zonder enige mate van "knoppen-angst" zo'n apparaat bekijken.

Laat ons daarom met als voorbeeld de HAMEG HM 204 de functie van alle bedienings-elementen in het kort bespreken. Er is bewust voor dit type gekozen, omdat dit instrument alle mogelijkheden biedt die in dit hoofdstuk aan de orde zijn gekomen.

**A INTENS**
Stelt de licht-intensiteit van het beeld in, in de meest linkse stand blijft het scherm donker.

**B FOCUS**
Stelt de scherpte van het beeld in, in de meeste gevallen kan men het beeld niet over het volledige scherm scherp stellen en moet men een compromis zoeken.




**Figuur 3/8.2.3.8-1:**
Bedieningsorganen van een tweekanaals scoop met vertraagde triggering.

**C X MAGN**
Soms ook **X MULTIPLIER** genoemd, is de „elektronische loupe" waarmee men de versterking van het horizontaal kanaal een factor 5 of 10 kan vergroten. Er verschijnt dan slechts een vijfde of een tiende van het signaal op het scherm. Met Y kan men het signaal over het beeld verschuiven.

**D OVER SCAN**
Soms ook **BEAM FINDER** genoemd, een aantal lampjes die oplichten als de straal te veel wordt afgebogen en er dus geen beeld op het scherm wordt geschreven.

**E CAL**
Uitgang waarop de (meestal) 1 kHz blokgolf staat voor het afregelen van de meetstift.

**F ILLUM**
Verlicht het voor het scherm aangebracht raster.

**G COMP TEST**
Componenten tester, is soms standaard ingebouwd.

**H Y-1 INPUT**
BNC chassisdeel voor het verbinden van de te meten spanning met vertikaal kanaal 1.

**I Y-1 AMP**
Geijkte stappenverzwakker voor eerste verticale kanaal.

**J**
Fijnregeling voor I, stand C is de gecallibreerde stand waarbij de bij I gegeven gevoeligheid van toepassing is op het beeld.

**K Y-SEL**
Selectieschakelaar voor de functie van de verticale versterkers.

**ALT/CHOP** keuze tussen de twee beschreven systemen;

**MONO/DUAL** een- of tweekanaals werking;

**INVERT 1** keert polariteit van Y-1 om;

**1 + 2** zet de som van beide signalen op het scherm of het verschil als INVERT 1 ingedrukt is;

**CH 1/2** zet ofwel kanaal 1 ofwel kanaal 2 in MONO op het scherm.

**L**

Fijnregeling voor 2, zie J.

**M Y-2 AMP**

Geijkte stappenverzwakker voor kanaal 2.

**N Y-2 INPUT**

BNC chassisdeel voor kanaal 2.

**O CH 2 SEL**

Koppelt N met of zonder scheidingscondensator naar de ingang van de versterker. **GD** is neutrale stand waarbij het signaal niet wordt verbonden met de scoop.

**P Y-2 POS**

Positieregelaar voor het tweede verticale kanaal.

**Q TRIG SEL**

Selecteert trigger-bron, Kanaal 1 of 2, afwisselend 1 en 2 (in de ALT-mode van de verticale versterker) of extern.

**R EXT TRIG**

BNC-ingang voor het aanleggen van een extern trigger-signaal.

**S TB VAR**

Fijnregeling van de afbuigsnelheid. De stand C is gecallibreerd, dan kan men de schaalverdeling rond U op het scherm toepassen.

**T TRIG LEV**

Trigger-niveau, stelt de spanning in waarop de comparator in de trigger-schakeling zal reageren. Meestal is deze potentiometer gekoppeld aan een schakelaar, waarmee men de **AUTO-TRIG** functie kan kiezen: er wordt dan steeds een beeld op het scherm geschreven, ook zonder ingangssignaal.

**U TIME BASE**

Geijkte afbuigtijden selectie.

**V TRIG SLOPE**

Stelt de signaal-richting in waarop **TRIG LEV** reageert: + voor stijgende flanken, - voor dalende.

**W TRIG FUNC**

Selecteert trigger-functie;

**AC** triggert alleen op signaal;

**DC** triggert ook op gelijkspannings-componente die eventueel in het signaal aanwezig is;

**HF** triggert op hogere harmonischen, soms ook **TV-LINE** genoemd;

**LF** triggert op de grondfrequentie, soms ook **TV-FRAME** genoemd;

**LINE** triggert op de netfrequentie.

**X SINGLE**

Na indrukken van deze toets zal er slechts één beeld op het scherm geschreven worden, herstel na druk op **RESET.**

**Z HOR EXT**

De horizontale versterker wordt losgekoppeld van tijdbasis en verbonden met de voorversterker van het tweede verticale kanaal, men noemt deze functie soms ook **X/Y.** De twee ingangssignalen schrijven nu Lissajous-figuren (zie volgende paragraaf) op het scherm.

**1 DEL TIME**

Geijkte schakelaar voor het instellen van de trigger-vertraging bij DELAY-functie.

**2 POWER**

Aan-uit schakelaar.

**3**

Fijnregeling van de vertragings-tijd.

**4 DEL SEL**

Selecteert de DELAY-functie;

**NORM:** geen delay, rechtstreekse triggering;

**SEARCH:** zoekt het juiste vertraagde trigger-punt, deel van beeld vóór dit punt wordt onderdrukt;

**DELAY:** schakelt de vertraagde triggering in.

**5 HOLD OFF**

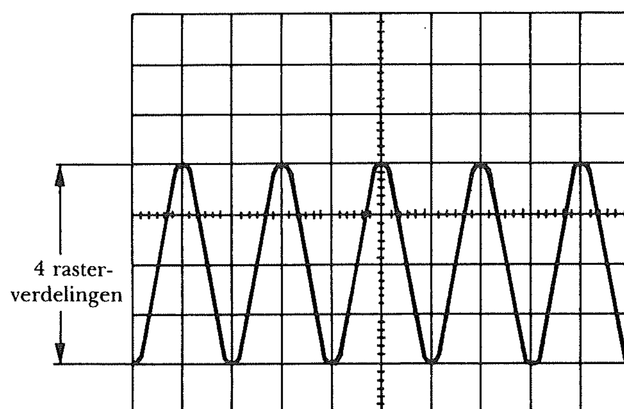
Schakelt de trigger-elektronica voor een instelbare tijd uit. Met deze functie is het mogelijk willekeurig gevormde signalen of onregelmatige puls-treinen toch stilstaand op het scherm te krijgen, omdat men door de vertraging er voor kan zorgen dat de trigger steeds op dezelfde flank in de signaalperiode reageert.

**6 Y-1 POS**
Positie-regelaar voor eerste kanaal.
**7 CH 1 SEL**
Zie O.

Sommige oscilloscopen zijn daarnaast ook nog eens voorzien van een **TRACE ROT** potentiometer. Met deze knop kan men de beeldvervorming, veroorzaakt door het magnetische veld van de aarde, compenseren.

### 3/8.2.3.9 Het meten met de oscilloscoop

De meeste doe-het-zelvers gebruiken de scoop als een soort van "technische televisie" leuk speelgoed voor het bekijken van mooie plaatjes, uitstekend geschikt voor het opsporen van vervormingen en valse pulsen, maar een echt **meet**instrument... nee dat niet. En dat is jammer, want in principe kan een scoop voor een heleboel "serieuze" metingen worden gebruikt. Zo kan men bijvoorbeeld met sommige types rechtstreeks vervormingen meten, waardoor de aankoop van een dure vormingsmeter en dito laagvervormende sinus-oscillator overbodig wordt! In deze paragraaf zullen wij in het kort een aantal toepassingen bespreken.



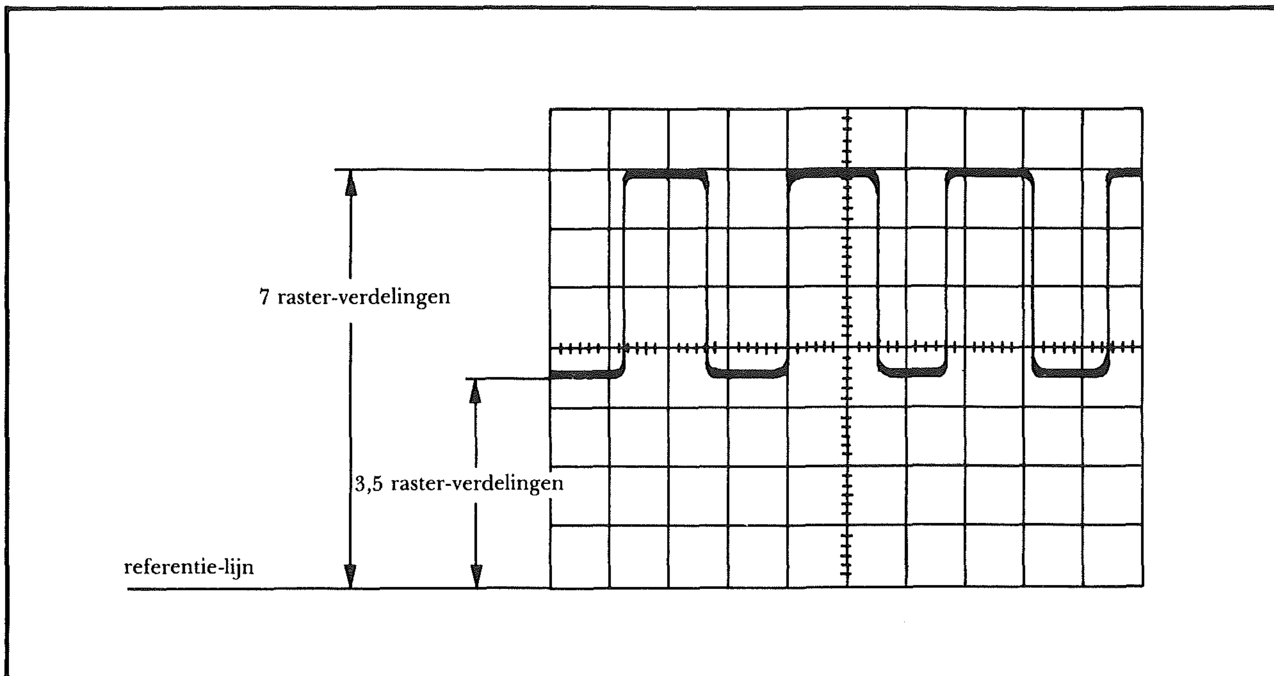

**Figuur 3/8.2.3.9-1:**
Het meten van de amplitude van een sinus.

**Amplitude-metingen, relatief**
Eerste en belangrijkste voorwaarde is dat de verticale versterker gecallibreerd is, dus dat de fijnregelaar in de stand CAL staat. Men stelt nadien de tijdbasis zo in dat er een aantal perioden op het scherm verschijnen en de verzwakker zo dat het signaal een zo groot mogelijk deel van het scherm vult. De SEL-schakelaar wordt op AC gezet. Met de verticale positieregelaar verplaatst men het beeld tot de onderste top van het signaal samenvalt met een horizontaal lijntje van het raster (zie figuur 3/8.2.3.9-1). Men verdraait nu de horizontale positieregelaar tot de positieve top van het signaal samenvalt met de middenste verticale lijn van het raster. Men kan nu van deze lijn de top-tot-top waarde van het signaal aflezen door de gemeten lengte te vermenigvuldigen met de geijkte verzwakkerstand.
De volgende formule is van toepassing:

aflezing (cm) x verzwakkerstand (V/cm) = amplitude (V)

Zou bij het getekende voorbeeld de verzwakker op de stand 5 V/div staan, dan zou de top-tot-top waarde van het signaal 4 cm x 5 V/div = 20 V bedragen.

**Amplitude-metingen, absoluut**
Bij de absolute meting wordt rekening gehouden met het gelijkspannings-niveau waarop het signaal zich eventueel bevindt. Men moet dus een massa-referentie hebben en vandaar wordt de SEL-schakelaar van de verticale versterker eerst op de stand GD gezet. De horizontale lijn die nu op het scherm verschijnt (Let wel! Trigger in de stand AUTO!) wordt met de verticale positieregelaar op een lijn van het raster gezet. Voor het meten van positieve signalen gebruikt met natuurlijk de onderste lijn van het raster, voor negatieve signalen de bovenste. Men mag vanaf deze stap in het proces de positieregelaar niet meer aanraken! Het te meten signaal wordt vervolgens met DC-koppeling aan

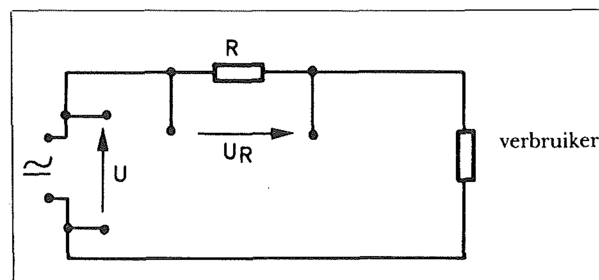



**Figuur 3/8.2.3.9-2:**
Absolute amplitude-meting op een blokgolf.

de verticale versterker aangeboden. Men meet nu de hoogte van het signaal vanaf de eerder ingestelde referentie lijn.

In figuur 3/8.2.3.9-2 wordt bijvoorbeeld een vierkantsgolf gemeten, die gesuperponeerd is op een bepaalde positieve gelijkspanning. De afbuig-coëfficiënt bedraagt 200 mV/div, de massareferentie is gelijk gezet met de onderste lijn van het schermraster. Uit het schermbeeld kan men nu de maximale en minimale amplitude van het signaal afleiden.
Maximale amplitude = 7 cm x 200 m V/div = 1,4 V
Minimale amplitude = 3,5 cm x 200 m V/div = 0,7 V

**Stroommetingen met enkelkanaals scoop**
De oscilloscoop is een typische spanningsmeter en het is dus niet mogelijk om rechtstreeks stromen zichtbaar te maken. Gelukkig is het geen kunst een stroom om te vormen in een spanning die recht evenredig is met de stroom. De wet van Ohm zegt immers dat de stroom gelijk is aan de spanning gedeeld door de weerstand en als men dus een geijkte weerstand in de stroomkring opneemt en nadien de spanningsval over dit onderdeel zichtbaar maakt op het scherm, dan geeft het beeld een reële indruk van het verloop van de stroom.




**Figuur 3/8.2.3.9-3:**
Schakeling voor het omzetten van een stroom in een proportionele spanning.

Wil men nauwkeurig meten dan moet men gebruik maken van een weerstand met een tolerantie van 1 of zelfs 0,1 %. De waarde van de in serie opgenomen weerstand moet zo klein mogelijk zijn om de

kring waarin men meet zo min mogelijk te beïnvloeden. Door de extra weerstand gaat de stroom, die men wil meten, immers dalen! Het schema is getekend in figuur 3/8.2.3.9-3. De weerstand R is de extra meet-weerstand (men noemt deze vaak de sensor). Zoals gezegd moet de waarde zo klein mogelijk zijn en men doet er goed aan tienvouden van 1 Ohm te gebruiken. Men kan dan immers de geijkte spannings-schaal van de verzwakker gemakkelijk omzetten in een geijkte stroomschaal. Een voorbeeld: stel dat de sensor 1 Ohm is en dat de scoop staat ingesteld op 1 V/div. Uit de wet van Ohm kan men dan afleiden dat een spanningsval van 1 V over de weerstand van 1 Ohm wordt veroorzaakt door een stroom van 1 A. De schaal wordt dus 1 A/div. Men kan dit systeem gebruiken voor het zichtbaar maken van gelijkstromen maar ook (en dat is interessanter) wisselstromen.

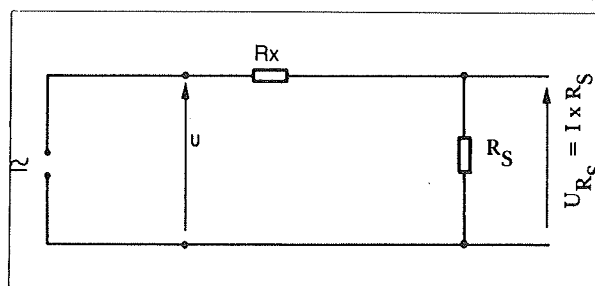
*Een zeer belangrijke opmerking.*
*De scoop wordt aangesloten over de sensor R. Zoals uit het schema blijkt betekent dit dat de massa van de scoop niet verbonden wordt met de massa van de meet-schakeling, maar met een spanningsvoerend punt! Er mag dus geen verbinding bestaan tussen de behuizing van de scoop en de massa van de meetschakeling. Vaak kan zo'n verbinding ontstaan door het gebruik van netstekers met randaarde! Dit kan tot kortsluitingen leiden! Bovendien staat de kast van de scoop op een spanning ten opzichte van de massa en het kan dus in bepaalde gevallen levensgevaarlijk zijn de metalen behuizing (maar ook metalen knoppen) aan te raken!*

**Stroommetingen met tweekanaals oscilloscopen**

Het genoemde gevaar bestaat niet als men de beschikking heeft over een tweekanaals scoop, waarbij het bovendien mogelijk is een van de kanalen te inverteren. Het ene kanaal wordt dan verbonden met de linker aansluiting van de sensor, het andere met de rechter aansluiting. De massa van de scoop kan aangesloten worden op de massa van de meetschakeling. Nadien stelt men de scoop in op de stand 1 + 2 en inverteert het ene kanaal. Op het scherm verschijnt nu het verschil tussen de spanningen op linker en rechter aansluiting van de sensor-weerstand en dat is nu precies het signaal dat ons interesseert!
Het chassis van de scoop staat nu gewoon op massa-potentiaal, zodat er geen gevaar voor lijf en leden bestaat (tenzij men natuurlijk meet in rechtstreeks met het net verbonden apparatuur, zoals TV's en dimmers).

**Afbeelden van transfer-karakteristieken**

Transfer-karakteristieken leggen de eigenschappen van een onderdeel vast onder de vorm van een grafiek die het verband geeft tussen bijvoorbeeld de ingangs- en de uitgangsspanning of de spanning over en de stroom door het onderdeel.




**Figuur 3/8.2.3.9-4:**
Het meten van transfer-karakteristieken van onderdelen met behulp van de scoop en een wisselspanning.

De scoop is uiteraard een ideaal meetinstrument voor het automatisch opstellen van zo'n grafiek. Wat men normaliter punt voor punt op een velletje papier moet doen, gebeurt nu automatisch op het scherm.
In vrijwel alle gevallen moet men echter

over een zaagtandvormige spanning beschikken. Ook bruikbaar is een driehoek uit een functie-generator of een gelijkgerichte secundaire trafospanning.
In principe komt het er op neer dat men deze spanning aan een serie-schakeling van sensor-weerstand en te onderzoeken component aanlegt en tezelfdertijd aan de verticale afbuiging van de scoop. Op de horizontale afbuiging wordt de uitgangsgrootheid (bijvoorbeeld de stroom die als gevolg van het aanleggen van de zaagtandvormige spanning door het onderdeel gaat vloeien) aangesloten.
Op het scherm verschijnt een grafiek die de voorstelling is van de functie:
I = f(U).
De zaagtand, driehoek of gelijkgerichte trafo-spanning doorloopt immers alle waarden tussen nul en een bepaald maximum. Omdat dit signaal ook wordt gebruikt voor het sturen van de verticale afbuiging zal de spot zich van onder naar boven over het scherm bewegen. Tezelfdertijd zal de stroom die door het onderdeel vloeit de spot naar rechts afbuigen. Op het scherm verschijnt dus de grafiek die het stroomverloop door het onderdeel voorstelt voor alle spanningen over het onderdeel tussen nul en de maximale amplitude van driehoek, zaagtand of halve sinus.

Als eerste voorbeeld van deze techniek behandelen wij het meten van gewone Ohmse weerstanden. Niet erg nuttig, maar uitstekend geschikt voor het verduidelijken van het principe.
In figuur 3/8.2.3.9-4 is het schema getekend.
De te meten weerstand Rx wordt in serie met de sensor-weerstand Rs aangesloten op de uitgang van de functie-generator (of gelijkgerichte trafo-spanning). De spanning U gaat naar één kanaal van de oscilloscoop, de spanning $U_{Rs}$ naar het tweede kanaal. Om de grafieken op de uit tijdschriften en boeken bekende manier op het scherm te krijgen moet men U naar het verticale en $U_{Rs}$ naar het horizontale kanaal voeren.
Bedenk dat het bij deze meet-methode noodzakelijk is, dat beide kanalen een gemeenschappelijk referentie-punt, de massa, hebben! Vandaar dat het noodzakelijk is de sensor-weerstand zo in de meetkring op te nemen dat één aansluiting met één aansluiting van de test-spanning kan worden verbonden.
Bij het inschakelen van de opstelling zal er een rechte lijn op het scherm verschijnen, waarvan de hoek tussen deze lijn en de horizontale as een maat is voor de grootte van de weerstand Rx.

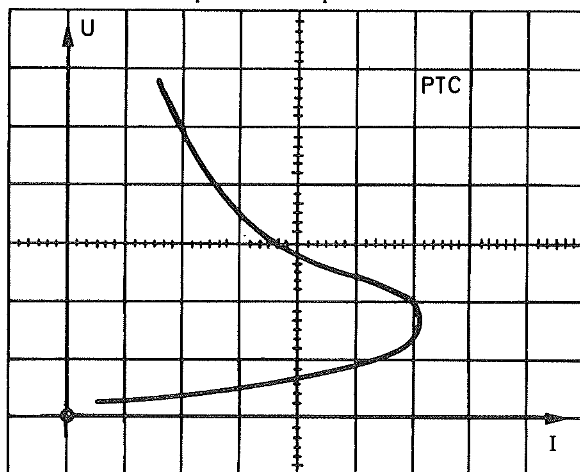
$$R = \frac{U}{I} = \text{tg alfa}$$

Men kan nu de zuiver ohmse weerstand Rx vervangen door niet lineaire elementen, zoals PTC's, NTC's of VDR's. De schermbeelden zijn getekend in figuur 3/8.2.3.9-5.

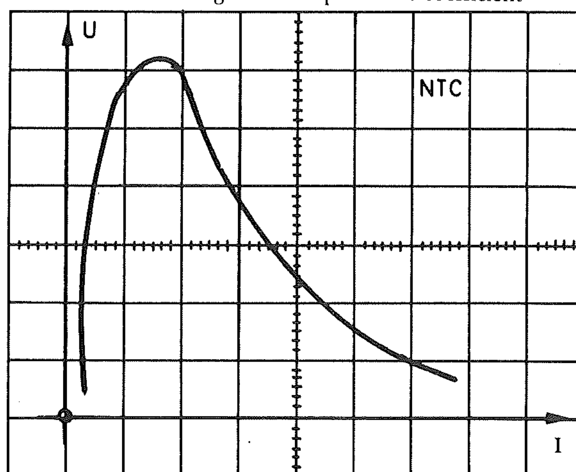
**Het meten aan RC-netwerken**
Een parallel- of serie-schakeling van een weerstand en een condensator wordt een RC-netwerk genoemd en deze eenvoudige schakeling wordt zeer vaak in de elektronica toegepast. Zo bestaat bijvoorbeeld de geijkte verzwakker in een oscilloscoop uit niets anders dan een groot aantal van deze netwerken. Ook de integratoren en differentiatoren die in een TV worden gebruikt voor het scheiden van de horizontale en verticale synchronisatie-pulsen zijn in wezen niets meer dan RC-netwerken.

Men kan de eigenschappen van zo'n netwerk onderzoeken met behulp van een scoop en de schakeling van figuur 3/8.2.3.9-6. De spanning over de condensator wordt aan de verticale versterker

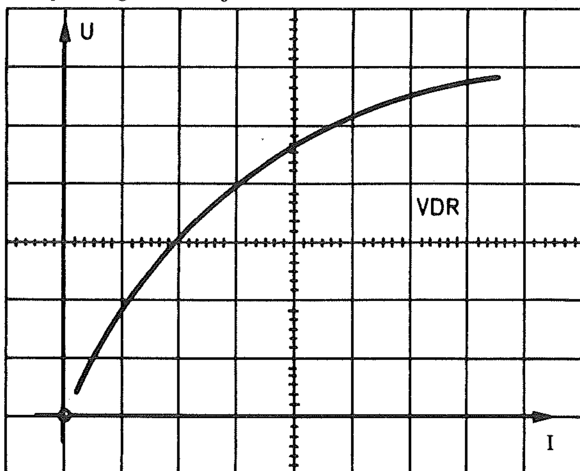
a - weerstand met positieve temperatuurs-coëfficiënt



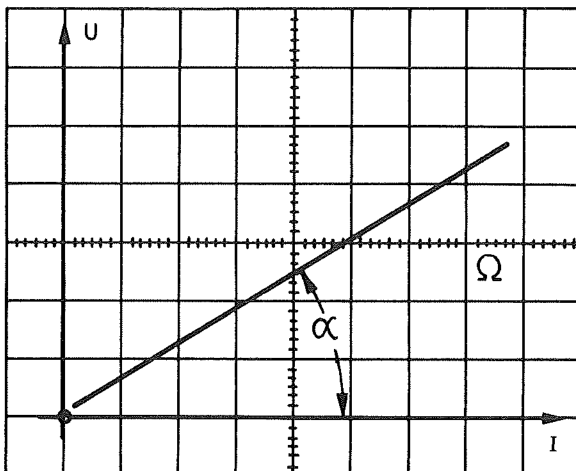

b - weerstand met negatieve temperatuurs-coëfficiënt



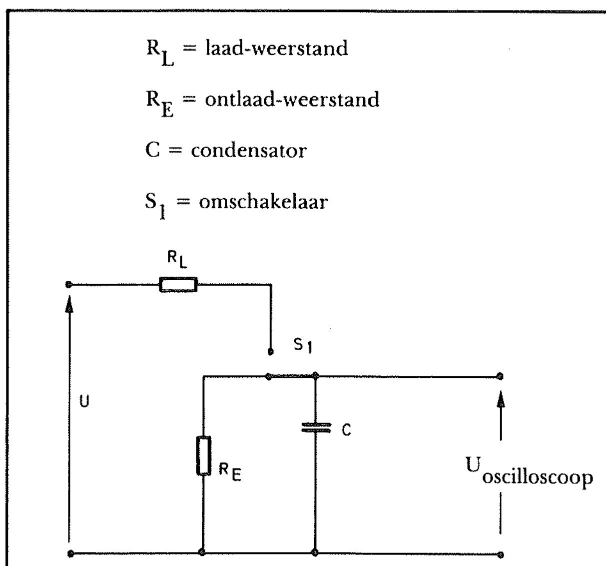

c - spanningsafhankelijke weerstand




d - zuiver Ohmse weerstand



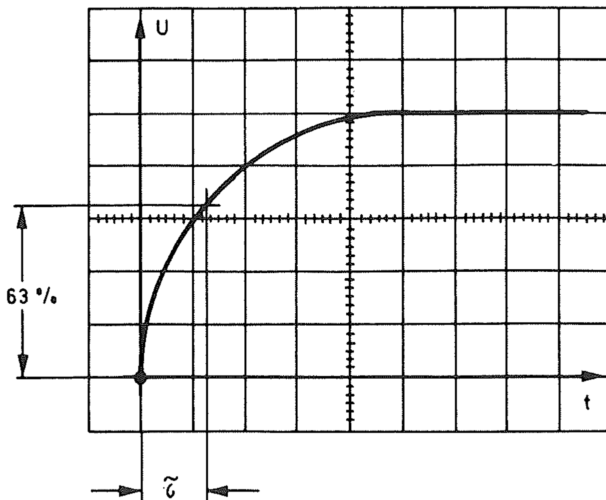

**Figuur 3/8.2.3.9-5:**
Spanning-stroom karakteristieken van verschillende soorten weerstanden




**Figuur 3/8.2.3.9-6:**
Het meten aan RC-netwerken.

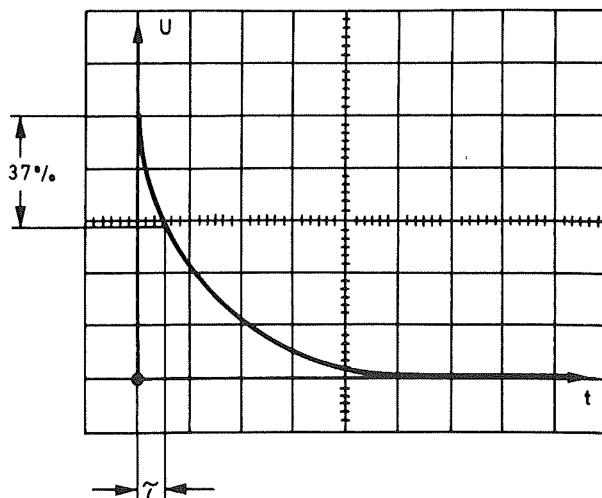
aangeboden, de tijdbasis wordt ingesteld op de laagst mogelijke snelheid. De triggering wordt met de hand ingesteld op een positieve spanning van iets boven de nul.

Als men de schakelaar S1 in de bovenste stand zet zal de condensator zich opladen over de oplaad-weerstand RL. Het spanningsverloop is getekend in figuur 3/8.2.3.9-7. De condensator laadt exponentieel op tot de maximale spanning U. Schakelt men de schakelaar op ontladen, dan zal de spanning over de condensator exponentieel dalen volgens het beeld van figuur 3/8.2.3.9-8. Kiest men laad- en ontlaad-weerstanden even groot, dan kan




**Figuur 3/8.2.3.9-7:**
De laad-cyclus van een condensator.

men de laad- en ontlaadtijden rechtstreeks vergelijken.

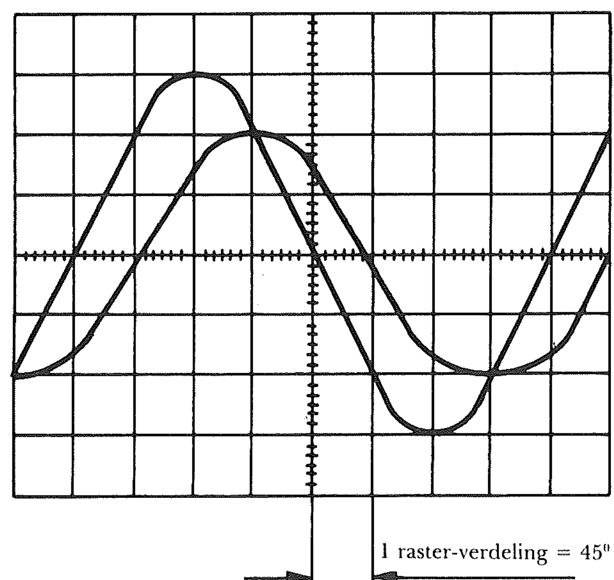



**Figuur 3/8.2.3.9-8:**
De ontlaad-cyclus van een condensator.

De snelheid van het proces wordt gegeven door de zogenoemde tijdconstante van het netwerk:
T = R x C
Kiest men een weerstand van 1 M-Ohm en een condensator van 1 $\mu$F dan zal de tijdconstante van de kring gelijk zijn aan:
T = $10^6$ x $10^{-6}$ = 1 s
Dat wil zeggen dat bij het laden de spanning na één seconde zal zijn gestegen tot 63 % van de maximale waarde en bij het ontladen na één seconde zal zijn afgenomen met 37 % van de aanvangswaarde.
Men kan de schakelaar S1 en de batterij U vervangen door een blokspanning die heen en weer schakelt tussen de spannings-grenzen 0 V en U V. Als men bovendien de condensatorwaarde verlaagt kan men de tijdbasis naar een veel snellere afbuiging omschakelen, zodat een stilstaand beeld op het scherm verschijnt.

## Fase-metingen met de tweekanaals oscilloscoop

Bij het meten van fase-verschillen tussen twee signalen moet men rekening houden met de eigen fase-karakteristieken van het apparaat. In hoeverre hebben beide verticale versterkers dezelfde fase-eigenschappen? Een vraag waar helaas in de meeste gebruikers-handleidingen niets over wordt verteld!
Men kan dit controleren door hetzelfde signaal aan beide versterkers aan te bieden en de positieregelaars zo in te stellen dat beide signalen elkaar precies overlappen. Men verhoogt vervolgens de frequentie van het signaal en blijven beide beelden elkaar precies overlappen, dan

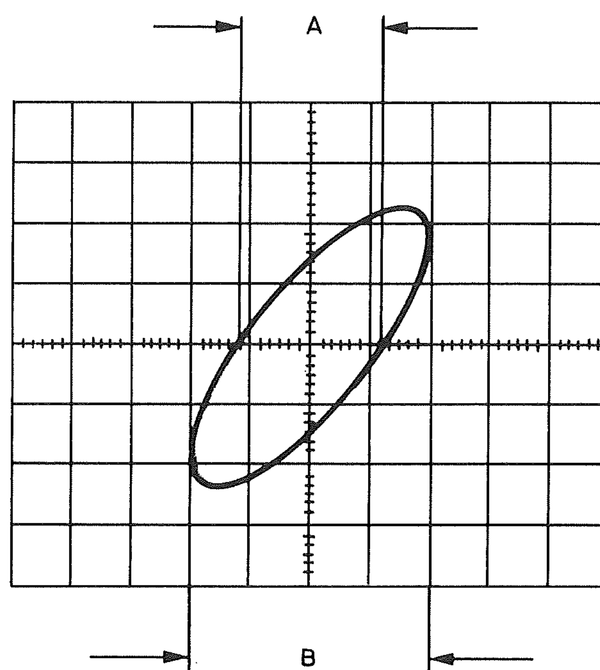



**Figuur 3/8.2.3.9-9:**
Fasemetingen tussen twee sinussen.

kan men er zeker van zijn dat het apparaat geschikt is voor het uitvoeren van fase-metingen.

Het ene signaal wordt aangesloten op kanaal 1, het andere op kanaal 2. Het is daarbij echter zeer belangrijk dat de nullijnen van beide kanalen precies samenvallen. Even vooraf controleren dus! De tijdbasis wordt zo ingesteld (eventueel in combinatie met de horizontale positie-regelaar) dat de nuldoorgang van een signaal precies samenvalt met een snijpunt tussen een horizontale en een verticale lijn van het schermraster (zie figuur 3/8.2.3.9-9) en dat één periode van dit signaal precies een even aantal raster-verdelingen breed is. In het getekende voorbeeld is een periode van het grootste signaal acht „blokjes" breed. Het verschil in nuldoorgang tussen dit signaal en het tweede bedraagt precies een „blokje". Men kan nu de fase-verschuiving tussen beide signalen berekenen uit de verhouding van de periode-duur van het ene signaal tot de nulpunts-verschuiving.
Acht „blokjes" komen overeen met 360°.
een „blokje" staat dus voor een fase-verschuiving van:
$360°/8 = 45°$.

**Fase-meting met de Lissajous-methode**
Bij deze methode wordt het ene signaal aan de horizontale en het andere aan de verticale versterker aangeboden. Men moet er echter zeker van zijn dat beide versterkers voor de frequentie van het signaal dezelfde fase-karakteristieken hebben. Vergeet daarbij niet dat de horizontale versterker van de scoop steeds een veel kleinere bandbreedte heeft dan de verticale! Dit geldt ook voor tweekanaals instrumenten, waarbij een van de verticale kanalen in de X/Y-mode de horizontale afbuiging verzorgt. Dit wil dus zeggen dat men met een 2 x 20 MHz scoop geen fase-metingen tot 20 MHz kan uitvoeren! Bovendien moet men er zeker van zijn dat de versterking van beide kanalen identiek is.



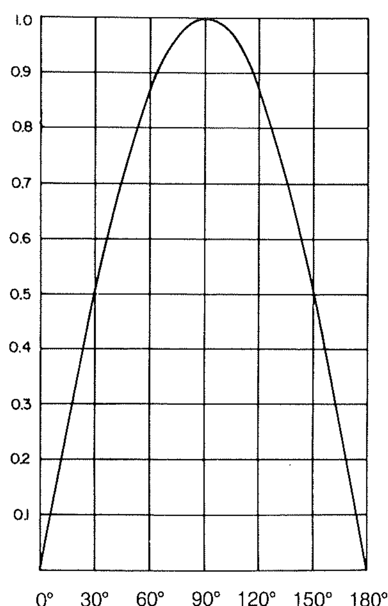

**Figuur 3/8.2.3.9-10:**
Fasemetingen met behulp van Lissajous-figuren.

Op het scherm verschijnt een zogenoemde Lissajous-figuur, een ellips die er uit kan zien zoals getekend in figuur 3/8.2.3.9-10. Zorg ervoor dat de figuur gecentreerd op het scherm verschijnt. Bij uitschakelen van beide signalen moet er dus een punt precies in het midden van het scherm verschijnen.
Meet nu de totale horizontale afbuiging B en de lengte van het lijnstuk A dat op de horizontale as van het raster wordt ingesloten door de figuur.
De faseverschuiving wordt bepaald door de formule!

$$\text{fasehoek} = \arcsin \frac{A}{B}$$

Of, met andere woorden, de verhouding A/B geeft de sinus van de fasehoek.

Voor niet al te nauwkeurige metingen kan

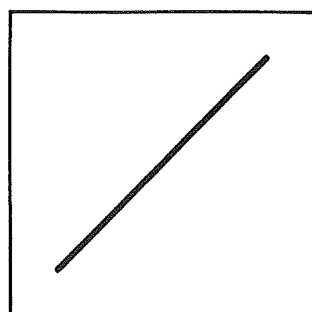


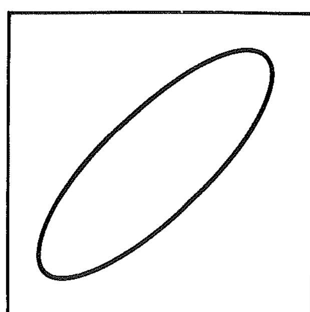

**Figuur 3/8.2.3.9-11:**
Verband tussen de sinus van de verhouding A/B en de corresponderende fase-hoek.

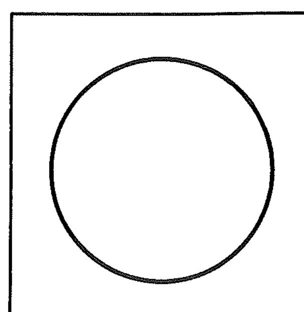
men gebruik maken van de curve van figuur 3/8.2.3.9-11, waarin het verband tussen de verhouding A/B en de fasehoek wordt gegeven. Figuur 3/8.2.3.9-12, tenslotte, geeft het schermbeeld voor enige fasehoeken.

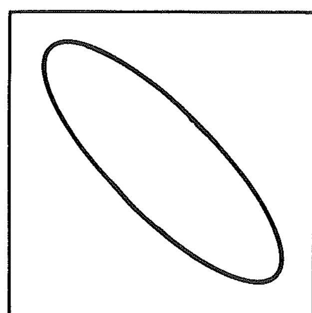
**Het meten van tijden met de eenkanaals scoop**
Voor het meten van tijden met een scoop moet men de beschikking hebben over een instrument met gecallibreerde tijdbasis en trigger-faciliteit. Om nauwkeurig te meten moet men de te meten tijd zo breed mogelijk over het scherm uitsmeren.

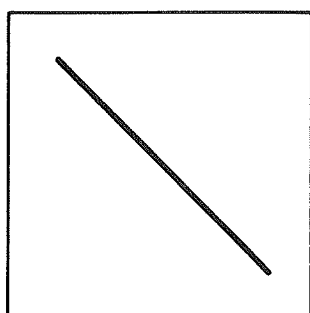
Denk er aan dat men de eventueel aanwezige fijn-regeling in de gecallibreerde C-stand moet zetten!


$\varphi$ = 0°


$\varphi$ = 45°


$\varphi$ = 90°


$\varphi$ = 135°

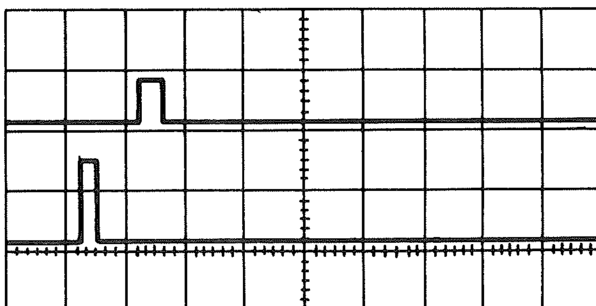

$\varphi$ = 180°

**Figuur 3/8.2.3.9-12:**
Lissajous-figuren voor enige fase-relaties.

In principe komt de meetmethode overeen met deze beschreven voor het meten van amplituden. Men stelt de horizontale positie-regelaar zo in dat het linker punt van het te meten gebied samen valt met een verticaal lijntje op de horizontale nul-as. Nadien verschuift men het beeld in verticale zin tot het tweede punt van het gebied samenvalt met de horizontale nul-as. Men meet de lengte tussen het referentie-punt en dit tweede punt en deze lengte vermenigvuldigt men met de stand van de tijdbasis-schakelaar.

## Het meten van tijden met de tweekanaals oscilloscoop

Deze methode is uitermate geschikt voor het bepalen van vertragingen die optreden tussen twee pulsen. Men verbindt beide signalen met de twee verticale kanalen en triggert zodanig dat beide pulsen volledig zichtbaar zijn (zie figuur 3/8.2.3.9-13).



**Figuur 3/8.2.3.9-13:**
Het meten van tijdrelaties tussen twee signalen.

In het getekende voorbeeld wordt getriggerd door middel van een derde, extern signaal en het is de bedoeling de vertraging van beide signalen ten opzichte van dit derde signaal te meten, alsmede de pulsduur.
De tijdbasis staat op 20 nS/div, de elektronische loupe (x5) is ingeschakeld. Men moet zich bij dit laatste wel realiseren dat niet alle fabrikanten garanderen dat de ijking van de tijdbasis nog klopt na het bedienen van de loupe! Men doet er dus verstandig aan deze slechts te gebruiken als het niet anders kan, bijvoorbeeld wanneer de signalen zonder loupe zo smal zijn dat aflezen van het raster niet mogelijk is.

Signaal 1:
Signaal verschijnt na

$$\frac{2{,}2\text{ cm x }20\text{ ns/div}}{5} = 8{,}8\text{ ns}$$

Impulsduur is gelijk aan

$$\frac{0{,}4\text{ cm x }20\text{ ns/div}}{5} = 1{,}6\text{ ns}$$

Signaal 2:
Signaal verschijnt na

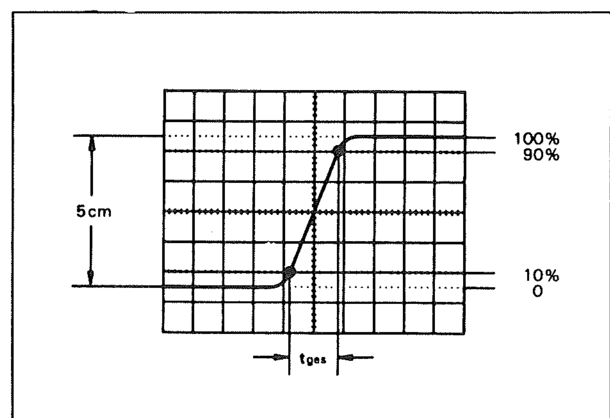
$$\frac{1{,}2\text{ cm x }20\text{ ns/div}}{5} = 4{,}8\text{ ns}$$

Impulsduur is gelijk aan

$$\frac{0{,}3\text{ cm x }20\text{ ns/div}}{5} = 1{,}2\text{ ns}$$

Het tijdsverschil tussen beide signalen:

$$t = \frac{1\text{ cm x }20\text{ ns/div}}{5} = 4\text{ ns}$$




**Figuur 3/8.2.3.9-14:**
Het opmeten van de stijgtijd van een puls.

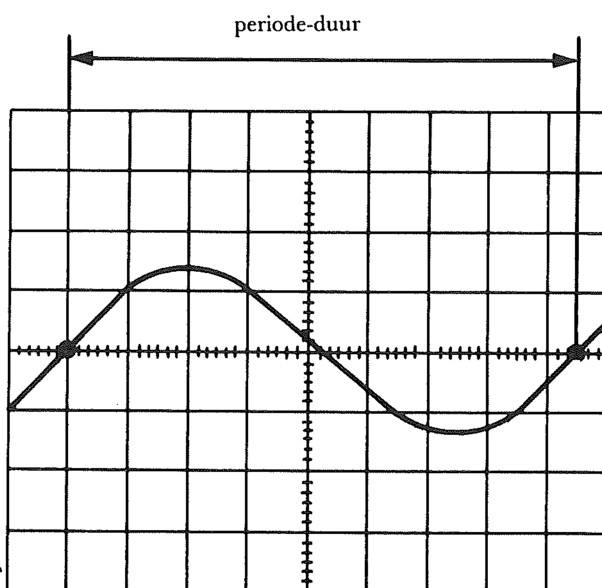
## Het meten van stijg- en daaltijden

In de meeste gevallen zal men moeten beschikken over een scoop met vertraagde triggering om de voorflank van het signaal breed over het scherm te kunnen uitsmeren (zie figuur 3/8.2.3.9-14). De stijg-

tijd van een puls wordt gedefinieerd als de tijdsduur die nodig is om het signaal 10 % van zijn minimale tot 90 % van zijn maximale waarde te laten stijgen.
Sommige oscilloscopen hebben voor dit doel twee extra horizontale lijntjes op het raster, die meestal gestippeld zijn uitgevoerd. De procedure is simpel: draai de amplitude-regelaars zo dat het te meten signaal precies tussen deze lijntjes 0 en 100 valt. Meet nadien de horizontale afstand die het signaal nodig heeft om van de 10 % lijn naar de 90 % lijn te stijgen en vermenigvuldig deze afstand met de gecallibreerde stand van de tijdbasis.
Voor het meten van zeer kleine stijgtijden (tientallen ns) moet men echter rekening houden met de eigen stijgtijd van de verticale versterker van de scoop.
Er bestaat een eenvoudige compensatieformule:

$$t_a = \sqrt{t^2_{gem} - t^2_{osc}}$$

waarin:
$t_a$: echte stijgtijd van het signaal
$t_{gem}$: gemeten stijgtijd op het scherm
$t_{osc}$: stijgtijd van de oscilloscoop



**Figuur 3/8.2.3.9-15:**
Het meten van perioden en frequenties.

**Het meten van perioden en frequenties**
Het te meten signaal wordt zo op het scherm gezet dat twee nuldoorgangen in identieke flanken zichtbaar zijn (figuur 3/8.2.3.9-15) en dat de nullijn samenvalt met de horizontale nul-as. Men verplaatst het beeld tot de linker nuldoorgang samenvalt met een verticale rasterlijn. Men meet nu de afstand tussen dit punt en de volgende identieke nuldoorgang op de horizontale nul-as. Deze afstand wordt vermenigvuldigd met de gecallibreerde stand van de tijdbasis.
Stel dat in het getekende voorbeeld deze stand 2 ms/div is. De periode van het signaal is dan:
8,6 cm x 2 ms/div = 17,2 ms
De frequentie van het signaal volgt uit:

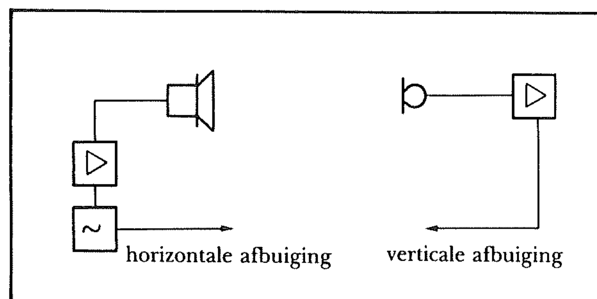
$$f = \frac{1}{T} \qquad f = \frac{1}{17{,}2\ \text{ms}} = 58{,}14\ \text{Hz}$$

**Het meten van vervormingen**
Populair gezegd is de vervorming alles wat de schakeling aan het ingangssignaal toevoegt. Men kan, als men tenminste de beschikking heeft over een tweekanaals scoop met INVERT en + functies deze „toevoegingen" door het apparaat laten uitfilteren.
De procédure is als volgt.
Verbind het ingangssignaal van de te testen schakeling (bijvoorbeeld een geluidsversterker die wordt gestuurd met het signaal uit een sinus-generator) met één kanaal van de scoop. Sluit het uitgangssignaal van de versterker aan op het tweede verticale kanaal. Schakel de functie 1 + 2 in (de oscilloscoop telt de twee signalen bij elkaar op en zet de som op het scherm) en zet kanaal 1 op INVERT. Nu verschijnt natuurlijk niet de som, maar het verschil op het scherm.
Regel de gevoeligheidsregelaars van beide kanalen tot het restsignaal op het scherm zo klein mogelijk is of met andere woorden, tot de scoop het ingangssignaal volle-

dig van het uitgangssignaal heeft afgetrokken. Het beeld dat nu op het scherm verschijnt geeft de vervorming van de versterker.

Er is echter een aantal haken en ogen aan dit systeem.
Op de eerste plaats kan het best zijn dat de te testen schakeling een fase-verschuiving tussen in- en uitgangssignaal veroorzaakt. Zeker laagfrequente schakeling, met hun vele koppel- en terugkoppelcondensatoren, hebben daar last van. Het aftrekken van in- en uitgangsspanning gaat dan natuurlijk niet meer op. Gelukkig is er meestal wel één bepaalde frequentie in het nuttige gebied waarbij de faseverschuiving tussen in- en uitgang precies gelijk is aan 0°. Men kan deze opzoeken door langzaam de frequentie van de generator te verdraaien en het beeld op de scoop te observeren. Op een bepaald moment zal men vaststellen dat men in staat is de fundamentele sinus volledig uit het beeld te filteren door het verdraaien van een van de gevoeligheidsregelaars. Men heeft dan de juiste frequentie gevonden en kan verder gaan met het procédé.
Deze voortgang heeft alles te maken met de tweede beperking van deze methode. Moderne versterkers hebben vervormingspercentages die ver onder de 1 % liggen en er blijft, na het wegfilteren van het ingangssignaal, meestal niets meer dan een rechte lijn met enige bobbeltjes op het scherm.
Men kan nu de gevoeligheid van beide kanalen stap na stap gaan opvoeren en na iedere stap met de fijnregelaars eventuele restjes van het ingangssignaal wegfilteren. De amplitude van de vervorming op het scherm neemt toe. Op een bepaald moment kan men echter niet verder gaan, omdat de voorversterkers van de scoop worden overstuurd en deze vervorming veel groter is dan de te meten.

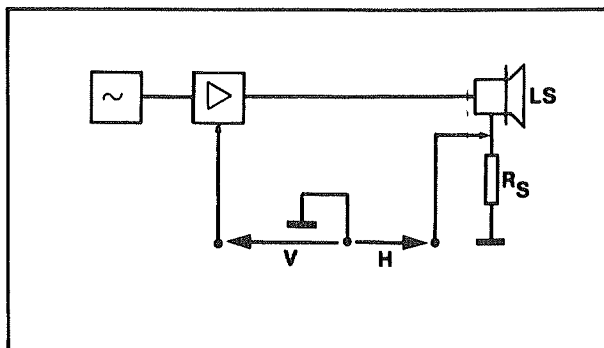
Hoewel deze methode dus niet ideaal is kan zij in de praktijk toch vaak uitkomst bieden als men een indruk van vervorming wil krijgen en een dure vervormingsmeter ontbreekt. Bovendien geeft deze methode niet alleen de amplitude van de vervorming maar ook, en dat is meestal veel belangrijker, de harmonische samenstelling. In de meeste gevallen zal de tweede harmonische vervorming duidelijk overheersen.




**Figuur 3/8.2.3.9-16:**
Het meten van de frequentieweergave van een microfoon.

**Het meten aan microfoons**
Het meest interessante gegeven van een microfoon is zijn doorlaatband. Deze kan men volgens het systeem van figuur 3/8.2.3.9-16 opmeten.
Een luidspreker, aangesloten op een zeer goede eindversterker (de gegevens van beide apparaten moeten bekend zijn) wordt gestuurd met het signaal van een sinusgenerator. Deze generator verzorgt tevens de horizontale afbuiging van de scoop. De microfoon is op een bepaalde experimenteel te bepalen afstand van de luidspreker opgesteld (let wel: beide apparaten moeten „elkaar in het hart kijken"!) en het uitgangssignaal wordt al dan niet via een voorversterker aangeboden aan de verticale afbuiging van de scoop.
De spot gaat heen en weer op het ritme van de sinus die de luidspreker stuurt en tezelfdertijd op en neer onder invloed van het versterkte microfoonsignaal. Er verschijnen dus Lissajous-figuren op het

scherm en uit de vorm en helling van deze ellipsen kan men gegevens afleiden over frequentie-weergave, vervorming en fasegedrag van de microfoon.
Dit systeem werkt natuurlijk slechts zeer benaderend, omdat er tal van niet exact bekende factoren in het spel zijn. De twee versterkers zullen niet zoveel problemen geven, maar de eigenschappen van de luidspreker kunnen de meting in niet geringe mate beïnvloeden!




**Figuur 3/8.2.3.9-17:**
Meetopstelling voor het bepalen van de werkingsgraad van een luidspreker.

## Het meten aan luidsprekers

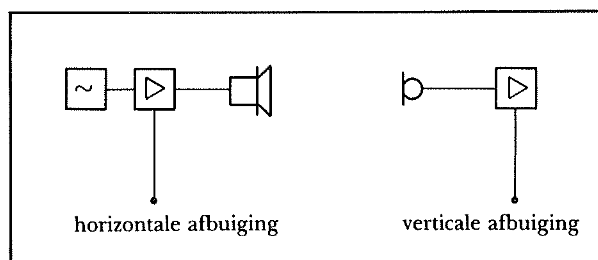
Met de scoop kan men zowel de akoestische werkingsgraad als de frequentie-respontie van een luidspreker onderzoeken.

Om met het eerste te beginnen, de akoestische werkingsgraad van een luidspreker onderhoudt een innige relatie met de impedantie van het onderdeel. Als men dus het impedantieverloop in functie van de frequentie op het scherm zichtbaar kan maken weet men ook heel erg veel af van de werkingsgraad. Het schema is getekend in figuur 3/8.2.3.9-17. De luidspreker wordt aangesloten op een uit een sinusgenerator gevoede eindversterker. De sinusgenerator stuurt de verticale afbuiging, de stroom die de luidspreker verbruikt de horizontale afbuiging. De stroom wordt gemeten door een zeer kleine sensor-weerstand Rs in serie met de luidspreker op te nemen.

Het vermogen dat de luidspreker verbruikt (en dus ook de opgewekte geluidsdruk) is afhankelijk van de oppervlakte van de ellips die op het scherm verschijnt. De oppervlakte van een ellips wordt gegeven door:

$$A = \frac{D \times d \times PI}{4}$$

waarin D staat voor de grootste diameter en d voor de kleinste diameter van de ellips.
Men kan voor stel 20 frequenties in het gebied van 20 Hz tot 20 kHz het oppervlakte van de ellips bepalen en nadien de 20 resultaten met elkaar vergelijken (bijvoorbeeld door de oppervlakte bij 1 kHz als referentie te nemen en alle overige uitkomsten door deze referentie te delen). Men kan de resultaten in een grafiek verwerken.



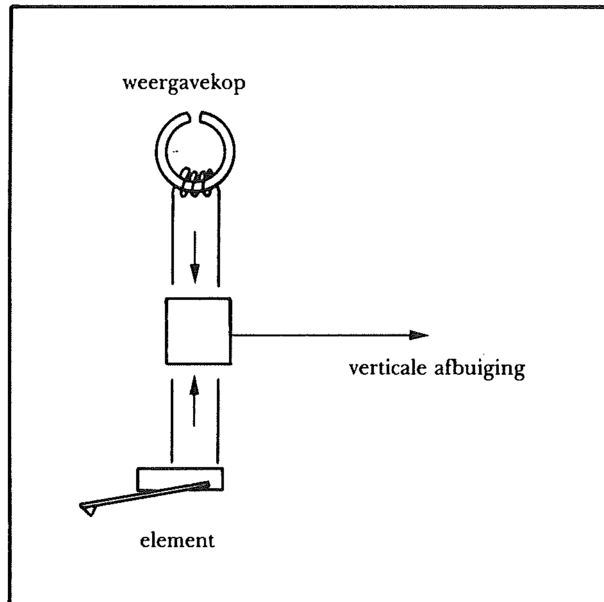

**Figuur 3/8.2.3.9-18:**
Het meten van de doorlaatband van een luidspreker.

Voor het meten van de frequentie-weergave kan men, zie figuur 3/8.2.3.9-18, een identieke opstelling gebruiken als beschreven bij het meten aan microfoons.

## Het meten aan magneetkoppen en elementen

Men heeft in ieder geval een meetplaat of meetband (cassette) nodig, waarop sinussen met frequenties tussen 20 Hz en 20 kHz zijn opgenomen. Deze meetplaten of -banden zijn in de gespecialiseerde zaken te koop. De uitgangssignalen van het element of de weergavekop worden aangeboden aan de verticale versterker van de scoop. Eventueel een breedbandige en li-

neaire versterker tussenschakelen! Door de amplitudes van de signalen met verschillende frequenties van het scherm af te lezen en onderling te vergelijken kan men een amplitude-frequentie karakteristiek samenstellen.




**Figuur 3/8.2.3.9-19:**
Het meten aan elementen en weergavekoppen.

# 3/8.2.4 Analoge geheugen-oscilloscopen

## Inleiding

Bij conventionele oscilloscopen wordt de waarnemingstijd van verschijnselen op het scherm begrensd door de nalichtingstijd van de gevoelige laag op het scherm. Eenmalige of zeer traag verlopende verschijnselen kunnen in feite alleen goed waargenomen en geïnterpreteerd worden als men een foto van het scherm maakt. De nalichtingstijd van de meest toegepaste fosfor-lagen ligt tussen de enige $\mu$s en enige ms en is dus veel te kort om bijvoorbeeld een periode van een 1 Hz signaal als duidelijk als geheel waarneembaar beeld op het scherm te zetten. Men ziet slechts een stip zich langzaam over het scherm verplaatsen en er blijft niet meer dan een algemene en zeer vage indruk over de vorm van het signaal in de hersenen achter.
Bij het waarnemen van snelle, eenmalige verschijnselen is de situatie zo mogelijk nog slechter. Men kan een gewone scoop in de meeste gevallen wel op zo'n verschijnsel triggeren, maar meer dan een korte, volledig aan het menselijk waarnemingsvermogen ontsnappende lichtflits verschijnt niet op het scherm.

Toch komen snelle eenmalige en langzaam variërende verschijnselen in alle takken van de techniek voor. Denk bijvoorbeeld aan meet- en regelschakelingen, vaste stof fysica, trillings-onderzoekingen, acoestiek en radar-, laser- en nucleaire onderzoekingen.

Veel dichter bij huis liggen eenmalige stoorpulsen op het net, die de goede werking van dimmerschakelingen kunnen verstoren en snelle stoorpulsen in logische schakelingen.

## Analoge geheugen-technieken

Er bestaan drie verschillende manieren om op een zuiver analoge manier het beeld langer op het scherm van een katodestraalbuis te "bevriezen":
- de bistabiele techniek;
- de monostabiele techniek met variabele nalichttijd;
- de transfer-techniek, een combinatie van beide eerstgenoemde technieken.

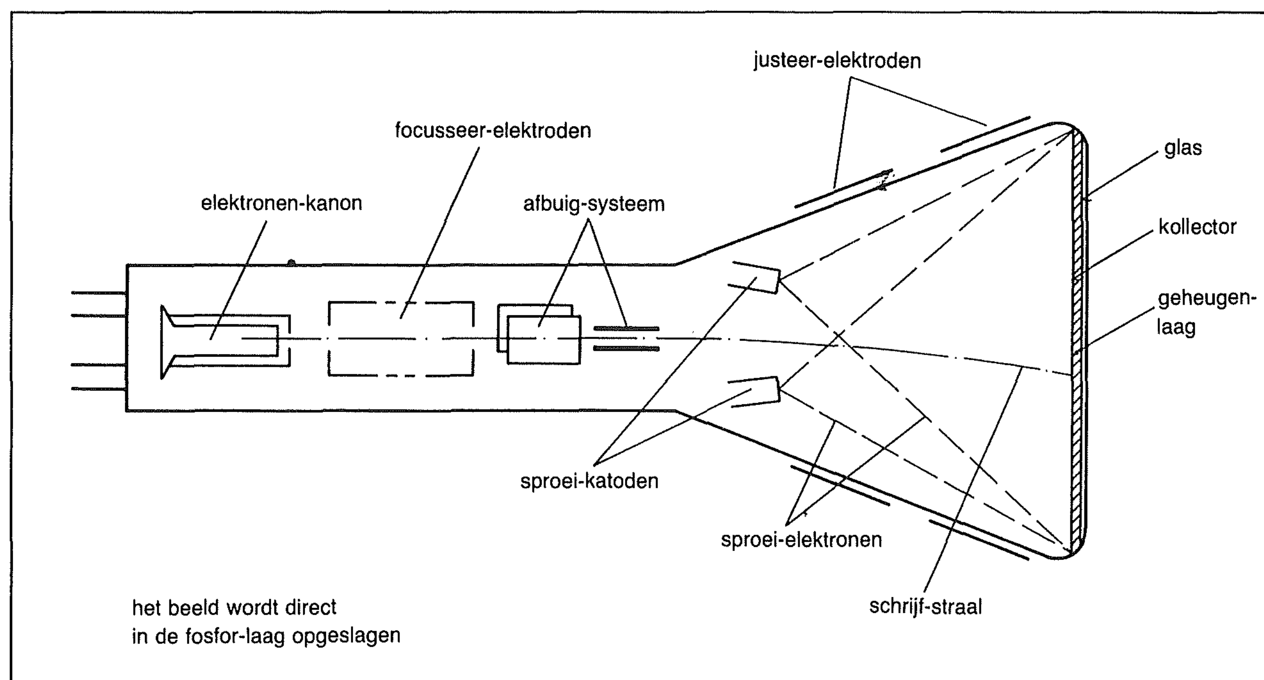
In principe werken alle drie de technieken volgens één basissysteem. De elektronenstraal vormt een ladingsbeeld op een speciale geheugen-elektrode, dit beeld wordt door continue besproeiïng met elektronen uit zogenaamde sproei-elektroden zichtbaar gemaakt op het scherm en blijft voor min of meer lange tijd behouden.

De verschillende technieken onderscheiden zich door het gebruik van verschillende potentialen en verschillende samenstelling van de elektrodegeometrie.

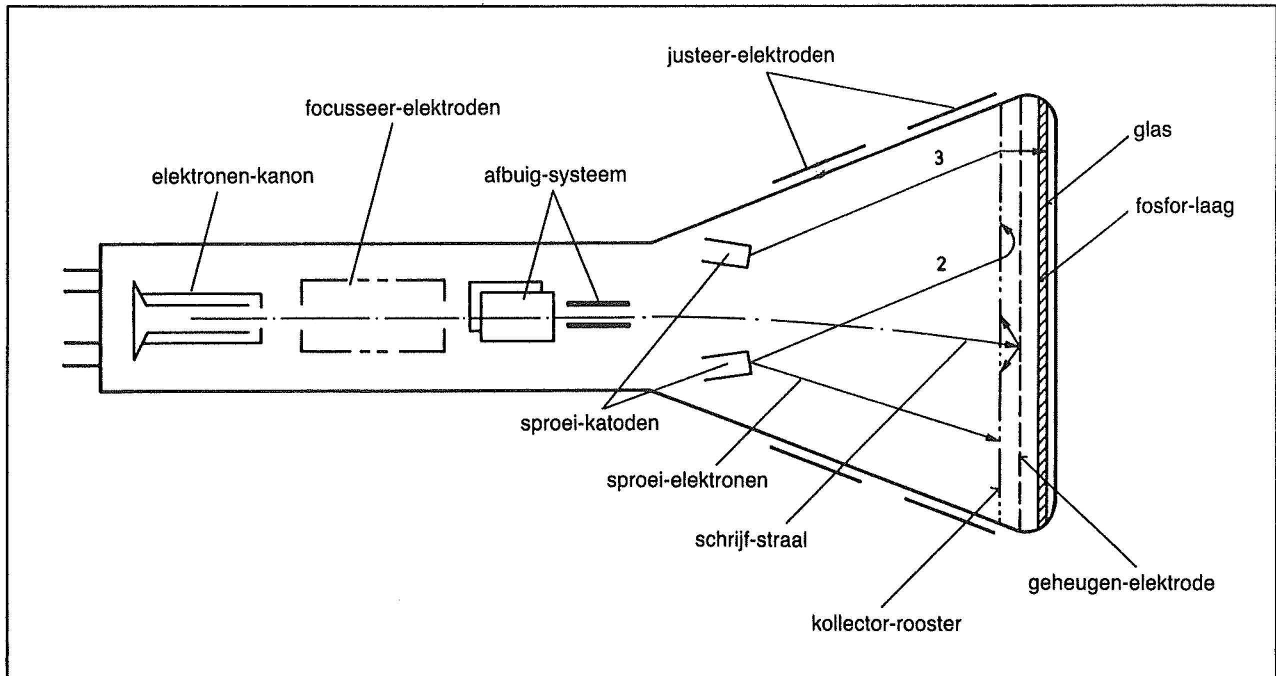
**De bistabiele techniek**
Zoals de naam reeds doet vermoeden werkt dit systeem met twee stabiele toestanden. De ene toestand is het opslaan van de gegevens, de tweede het normaal weergeven van gegevens.
Het is zelfs mogelijk op één helft van de buis normaal te werken en op de tweede helft een eenmalig verschijnsel op te slaan. Men noemt dit de "splitscreen"-techniek en deze kan bijvoorbeeld worden gebruikt als men een eenmalig verschijnsel wil vergelijken met een zich herhalend verschijnsel.
De noodzakelijke geheugen-elektrode kan als speciaal geheugen-rooster aanwezig zijn, maar het is ook mogelijk de fosfor-laag zélf als geheugen-element te gebruiken. Deze laatste techniek is zeer betrouwbaar en wordt tegenwoordig dan ook hoofdzakelijk toegepast.

Figuur 3/8.2.4-1 geeft een doorsnede van een bistabiele katodestraalbuis. In principe wijkt deze buis alleen van de normale structuur af door de aanwezigheid van twee sproei-elektroden en het gebruik van een speciale fosforlaag.

**De monostabiele techniek**
In principe is de beeldbuis bij de monostabiele techniek identiek samengesteld als bij de bistabiele techniek. Als geheugen-medium wordt nu echter niet de fosfor-laag gebruikt, maar een isolerende laag die op een zeer fijnmazig rooster is aangebracht, zie figuur 3/8.2.4.-2.




**Figuur 3/8.2.4-1:** De bistabiele geheugen-buis.




**Figuur 3/8.2.4-2:** De monostabiele buis.

Dit rooster, dat meer dan 200 lijnen per centimeter bevat, is op een afstand van ongeveer 2 mm voor de fosforlaag in de beeldbuis aangebracht. Voor dit rooster is een zogenaamde kollector-elektrode aanwezig. Dit rooster is groffer van struktuur en staat op een spanning van ongeveer +200 V. De kollector verzamelt de uit het geheugen-rooster afkomstige secundaire elektronen.

De werking van het systeem kan als volgt worden samengevat. De elektronen van de hoofd-straal dringen door de kollector en belanden op het negatief geladen rooster. Door het inslaan van deze primaire elektronen worden er uit het geheugen-rooster secundaire elektronen losgeslagen, die worden aangetrokken door de positieve spanning op de kollector. Het isolerende geheugen-rooster wordt hierdoor plaatselijk ontladen.

De hoofd-straal schrijft dus als het ware een beeld op het rooster, samengesteld uit ontladen delen in een voor de rest negatief geladen plaat.

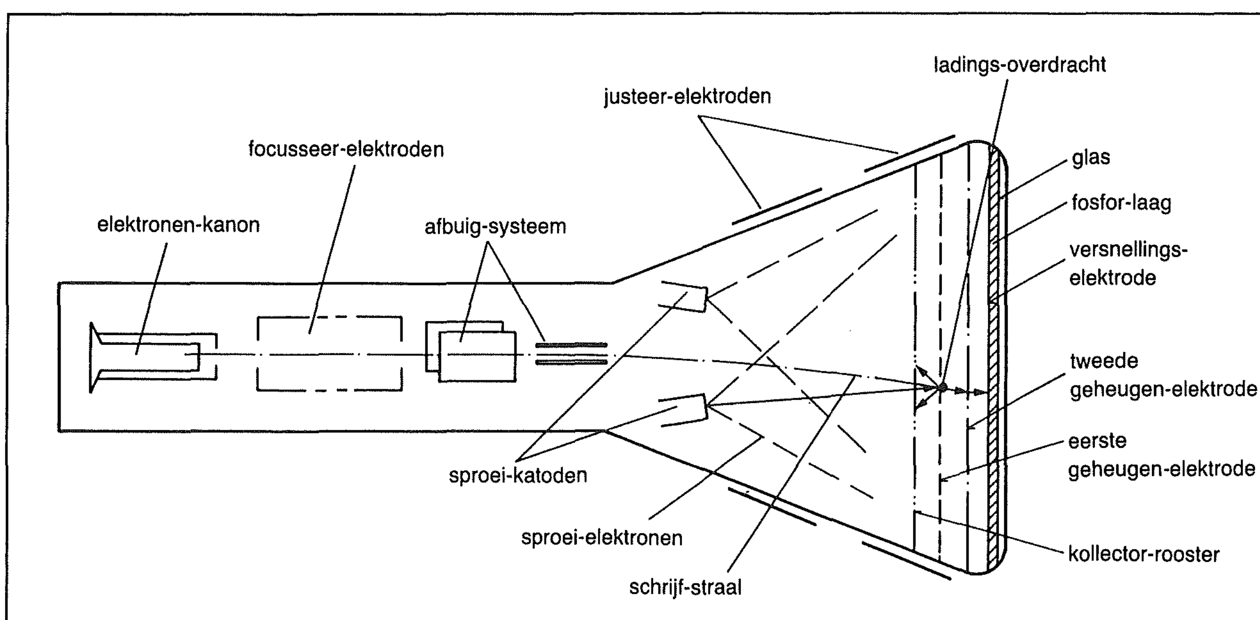
De combinatie kollector-rooster wordt continu bestraald met elektronen, afkomstig uit de sproei-elektroden. Deze worden versneld door de op de buitenzijde van de buis aangebrachte justeer-elektroden. Deze elektronen dringen door de kollector maar zijn niet snel genoeg om de negatieve lading van het rooster te overwinnen. Daar waar het rooster niet getroffen is door de hoofd-straal van de buis zullen de sproei-elektroden worden afgeremd door de negatieve lading van het rooster en worden aangetrokken door de positieve spanning op de kollector (straal 2). Daar echter waar het rooster ontladen is door de secundaire emissie van de hoofdstraal zullen de sproei-elektronen zonder noemenswaardige

weerstand door het rooster dringen en op de fosfor-laag op het scherm terecht komen. Het scherm licht dus op die plaatsen op, die achter het ontladen gedeelte van het rooster liggen.

**De transfer-techniek**
De buizen die werken volgens de transfer-techniek zijn samengesteld volgens figuur 3/8.2.4-3. Er zijn twee identieke geheugen-elektroden aanwezig, samengesteld uit een fijnmazig rooster en voorzien van een isolerende geheugen-laag.
Voor het eerste rooster is een kollector aangebracht.

De kollector werkt, samen met de eerste geheugen-plaat, volgens het monostabiele systeem. De tweede geheugenplaat kan zowel volgens het mono- als volgens het bistabiele principe werken. Het ladingsbeeld wordt eerst op de bekende manier op de eerste geheugen-plaat aangebracht. De bewaarkapaciteit van zo'n plaat is echter beperkt, na een bepaalde tijd zal het beeld vervagen omdat de plaat streeft naar een gelijkmatige ladingstoestand en de ontladen delen van de plaat langzaam met elektronen worden opgevuld en dus weer negatief geladen worden. Vandaar dat het ladingsbeeld onmiddellijk naar de tweede plaat wordt overgedragen.
Het gehele systeem van geladen en niet geladen deeltjes de beide platen wordt door de elektronen uit de sproei-elektroden op een bepaald en zeer kritisch energie-evenwicht gehouden.

**Karakteristieke eigenschappen van analoge geheugen-oscilloscopen**
De belangrijkste gegevens van analoge geheugen-oscilloscopen zijn:
- de geheugen-snelheid;
- de schrijf-snelheid;
- de opslag-tijd;
- de beeld-helderheid.




**Figuur 3/8.2.4-3:** De transfer-buis

Deze eigenschappen zullen nu in het kort worden toegelicht.

- de geheugen-snelheid
  De geheugen-snelheid wordt gedefinieerd als het quotiënt van afstand tot tijd. Als eenheid gebruikt men cm/ms, cm/μs of cm/ns. De beweging van de elektronenstraal is tweedimensionaal en afhankelijk van de ingestelde afbuig-tijd en gevoeligheid. De geheugen-snelheid is niet alleen afhankelijk van de ingestelde afbuig-tijd van de tijdbasis van de oscilloscoop, maar ook van de afbuiging in vertikale zin, dus van de gevoeligheid vande vertikale versterkers.
  Een voorbeeld.
  Stel dat de tijdbasis staat ingesteld op 10 μs/cm en dat er geen spanning aan de vertikale versterker wordt gelegd. De straal beschrijft dan een rechte horizontale lijn en de geheugensnelheid is gelijk aan de reciproke waarde van de afbuigtijd: 0,1 cm/μs. Wordt de elektronenstraal echter tezelfdertijd over 1 cm in vertikale zin afgebogen, dan neemt de afgelegde weg van de straal toe tot 1,414 cm per cm horizontale afbuiging. De geheugen-snelheid neemt toe tot 0,141 cm/μs.
- de schrijf-snelheid
  Met de schrijf-snelheid van een analoge geheugen-oscilloscoop wordt de maximale snelheid van de elektronen-straal gedefinieerd, die een uit te lezen ladingsbeeld op de ladingselektrode achterlaat. Als de straal zich sneller voortbeweegt zal er geen secundaire emissie plaatsvinden en blijft dus geen ladingsbeeld op de plaat achter. De schrijf-snelheid wordt uitgedrukt in cm/μs.
  Een voorbeeld.
  Stel dat men een scoop heeft met een gegarandeerde schrijf-snelheid van 100 cm/μs en dat een sinus-periode met een frequentie van 10 MHz en een top-tot-top waarde van 5 V, die slechts eenmalig optreedt, op de ladingsplaat overgedragen moet worden.
  De vraag is dan hoe groot men de vertikale gevoeligheid mag instellen om er zeker van te zijn dat dit signaal een leesbaar beeld op de geheugenplaat achter laat. Zou men de gevoeligheid van het instrument instellen op 1 V/cm, dan zou het beeld vijf centimeter hoog worden. Men kan dan de maximale snelheid van de straal berekenen (die zoals bekend optreedt tijdens de nuldoorgangen van de sinus), deze bedraagt ongeveer 157 cm/μs. Deze snelheid ligt ver boven de gegarandeerde schrijfsnelheid, men zal dus de amplitude van het beeld moeten verlagen door de vertikale versterker op een lagere gevoeligheid in te stellen.
  Goedkope apparaten hebben een maximale schrijf-snelheid van 1 cm/μs. Laboratorium-modellen gaan tot meer dan 2500 cm/μs, hetgeen toelaat signalen tot ongeveer 200 MHz (tijdbasis op 1 ns/cm, vertikale afbuiging maximaal 4 cm) op de ladingsplaat op te slaan.
- de opslag-tijd
  Het op de geheugen-elektrode opgeslagen ladings-beeld blijft niet voor onbepaalde tijd bewaard. Er

treedt lek op, waardoor het beeld langzaam vervaagt. De opslag-tijd is afhankelijk van een aantal factoren, waaronder de helderheid van het beeld wel de belangrijkste is. Hoe helderder men het beeld instelt, hoe sneller het zal vervagen.
Het is dus niet mogelijk de opslag-tijd ondubbelzinnig te definiëren. Wel kan men enige algemene richtlijnen opstellen. Bistabiele buizen bewaren het beeld het langst bij grote straal-intensiteit. Deze apparaten hebben echter het nadeel dat het beeld wordt uitgewist als men de oscilloscooop uitschakelt. Monostabiele buizen bewaren het beeld ook bij uitgeschakeld apparaat en dit over een periode van meerdere dagen! Schakelt men het apparaat in, dan is de opslag-tijd in grote mate afhankelijk van de helderheid van de straal en de instellingen van de spanningen op de diverse elektroden van de buis. Het is bij dit soort apparaten zelfs mogelijk van echt geheugen-bedrijf om te schakelen naar bedrijf met verlengde nalicht-tijd. De opslagtijd is dan natuurlijk minimaal, maar dit bedrijf is handig als men de afbuigtijd instelt op een beeldherhalingsfrequentie van rond de 20 ms. Het flikkerende beeld wordt dan omgezet in een stabiel en rustig af te lezen prentje. Bij maximale helderheid bedraagt de maximale opslag-tijd slechts enige minuten. Bij sterk gereduceerde helderheid blijft het beeld meer dan een uur bewaard.
De transfer-buis combineert de voordelen van mono- en bistabiel principe. Men kan kiezen tussen verhoogde-tijd en zeer lange opslag-tijd van bistabiel bedrijf.

- de beeld-helderheid
  Een belangrijk gegeven voor het beoordelen van de kwaliteit van een analoge geheugen-oscilloscoop is de beeld-helderheid. Bij monostabiele systemen worden niet belichte gedeelten van de ladings-elektrode met helderheid 0 gereproduceerd en de belichte delen van een helderheid die ongeveer gelijk is aan 80 % van de maximale helderheid van de buis. Het beeld is dus zeer contrast-rijk. Bij de bistabiele buizen zal er een bepaalde achtergrond-helderheid aanwezig zijn, terwijl de bestraalde delen van de geheugen-plaat met een vrij kleine helderheid woden weergegeven. Het contrast is dus veel kleiner dan bij de monostabiele buizen, hetgeen soms zeer hinderlijk kan zijn.

**Toepassingen van analoge geheugen-oscilloscopen**
Geheugen-oscilloscopen hebben meer toepassingen dan men op het eerste zicht zou denken:

- weergeven van eenmalige verschijnselen;
- weergeven van het verloop van zeer langzaam variërende spanningen;
- weergeven van periodieke signalen, waarbij echter de vorm van het signaal bij iedere periode kan veranderen;
- het vaststellen van de minimale en maximale waarde van een periodiek signaal;
- statistische metingen;
- observeren van drift-verschijnselen;

- het zichtbaar maken van storingen die op willekeurige momenten optreden;
- het zichtbaar maken van de resultaten van sweep-metingen, zoals de weergave-karakteristiek van versterkers;
- het middelen van signalen, bijvoorbeeld het weergeven van signalen die verdrinken in de eigen ruis van een schakeling;
- het goed waarneembaar maken van zeer snelle stijgtijden. Zou men bijvoorbeeld de stijgtijd van een zeer snelle puls met een herhalings-frequentie van slechts 10 Hz willen meten, dan zal men bij een normale oscilloscoop vaststellen dat het beeld steeds zwakker wordt naarmate men de afbuig-tijd verkleint. Door nu dit soort metingen met een analoge geheugenscoop uit te voeren kan men de ladings-elektrode steeds opnieuw van een ladingsbeeld voorzien, zodat de helderheid van het beeld langzaam toeneemt. Met een analoge geheugen-scoop kan men dus metingen integreren!

**Enige voorbeelden**
Tabel 3/8.2.4-1 geeft een overzicht van enige bekende analoge geheugen-oscilloscopen van zeer uiteenlopende prijs-niveau.

| fabrikant | Hewlett Packard | PHILIPS | PHILIPS | HAMEG | TEKTRONIX | TEKTRONIX | TEKTRONIX | Schlumberger | Schlumberger | National |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **type-nummer** | 1201 A | PM 3234 | PM 3243 | HM 812 | 214 | 314 | 466 | 5070 | 5271 | VP-5942 A |
| **vertikaal systeem** | | | | | | | | | | |
| bandbreedte | 500 kHz | 10 MHz | 50 MHz | 50 MHz | 500kHz | 10MHz | 100MHz | 10 MHz | 40 MHz | 1 MHz |
| afbuig-tijden | 10mV/Deel 20V/Deel | 2mV/Deel 10V/Deel | 5mV/Deel 2V/Deel | 5mV/Deel 20V/Deel | 1mV/Deel 50V/Deel | 1mV/Deel 10 V/Deel | 5mV/Deel 5V/Deel | 5mV/Deel 20V/Deel | 5mV/Deel 20V/Deel | 100mV/Deel 250mV/Deel |
| nauwkeurigheid | 3% | 3% m | 3% | 3% | 5% | 3% | 3% | 3% | 2,5% | k.A. |
| ingangs-impedantie | 1MOhm 45pF | 1MOhm 20pF | 1MOHm 15pF | 1MOhm 25pF | 1MOhm 140pF | 1MOhm 47pF | 1MOhm 2 pF | 1MOhm 30 pF | 1MOhm 25 pF | 1MOhm 35 pF |
| **horizontaal systeem** | | | | | | | | | | |
| enkelvoudige tijdbasis | x | x | – | x | x | x | – | x | x | niet bekend |
| vertraagde tijdbasis | – | – | x | – | – | – | x | – | – | niet bekend |
| **bedrijfs-systeem** | | | | | | | | | | |
| enkelvoudige afbuiging | x | x | x | x | x | x | x | x | x | niet bekend |
| loupe | x | x | x | x | x | x | x | x | x | niet bekend |
| Z-modulatie | – | – | x | x | – | – | x | – | – | niet bekend |
| loupe-vergroting | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 10 | 5 | 10/100 | niet bekend |
| snelste afbuig-tijd | 100ns/Deel | 40ns/Deel | 10ns/Deel | 20ns/Deel | 1us/Deel | 0,1us/Deel | 5ns/Deel | 40ns/Deel | 20ns/Deel | niet bekend |
| **triggering** | | | | | | | | | | |
| automaat | x | x | x | x | x | x | x | x | x | niet bekend |
| interne triggering | 0,5 Deel | 1 Deel | 0,5 Deel | 0,3 Deel | 0,2 Deel | 1 Deel | 1,5 Deel | 0,5 Deel | 0,2 Deel | niet bekend |
| externe triggering | 0,2 Volt | 1 Volt | 150mVolt | 5oomVolt | 1 Volt | 500 mV | 150 mV | 80 mV | 300 mV | niet bekend |
| **katodestraalbuis** | | | | | | | | | | |
| enkelstraal | x | – | x | x | x | x | x | x | x | x |
| dubbelstraal | – | x | – | – | – | – | – | – | – | – |
| rasterafmetingen | 8*10/0,95 | 8*10/0,9 | 8*10/0,9 | 8*10/ 1 | 6*10/0,5 | 8*10/0,63 | 8*10/0,9 | 8*10/ 1 | 6*10/0,9 | 8*10/0,95 |
| intern raster | x | x | x | x | x | x | x | – | x | niet bekend |
| extern raster | – | – | – | – | – | – | – | x | – | niet bekend |
| naversnelling | x | – | x | x | – | – | x | – | x | niet bekend |
| **geheugen** | | | | | | | | | | |
| bistabiel | – | – | – | x | x | x | – | x | – | x |
| monostabiel | x | x | x | – | – | – | – | – | x | – |
| transfer | – | – | – | – | – | – | x | – | – | – |
| snelheid | 475cm/us | 900cm/us | 2 cm/us | 1 cm/us | 250cm/ms | 250cm/ms | 1350cm/us | 1cm/us | 0,9cm/us | 20cm/us |
| tijd, max. int. | 15 min | 1,5min | 3 min | niet bekend | 1h | 4h | 15sec | 30min | 30sec | 1h |
| tijd, min. int. | 2 h | 15 min | 15 min | niet bekend | niet bekend | niet bekend | 6,5min | 24h | 10 min | niet bekend |
| **afmetingen** | 21x30x47,5 | 33x18,5x50 | 32x16x41 | 22x26x38 | 13x7,6x24,1 | 24x11,2x35 | 32,8x15,7x55 | 29x22x44 | 39x18x49 | 20,8x17x48 |
| **gewicht** | 13,6 | 11,8 | 10,6 | 14 | 1,6 | 4,7 | 11,8 | 12,5 | 16 | 8 |
| **prijs** | 8850,- | 8570,- | 13520,- | 2700,- | 5580,- | 7280,- | 20000,- | 8640,- | niet bekend | niet bekend |

**Tabel 3/8.2.4-1:** Voornaamste gegevens van tien verschillende analoge geheugen-oscilloscopen van zeer uiteenlopende kwaliteit en prijs.

# 3/8.2.5 Digitale geheugen-oscilloscopen

## Inleiding

De ontwikkeling van de moderne digitale techniek heeft het mogelijk gemaakt geheugen-oscilloscopen te ontwerpen, waarbij het te meten signaal wordt omgezet in digitale informatie. Deze informatie wordt opgeborgen in RAM-geheugens en kan daaruit op ieder gewenst moment worden opgeroepen en door middel van digitaal naar analoog omzetters worden getransformeerd in analoge gegevens, die op het scherm van de scoop worden weergegeven.

Enige kennis over de werkingsprincipes en eigenschappen van digitale geheugenoscilloscopen is niet alleen zeer nuttig voor de toekomstige gebruikers, maar ook voor de doe-het-zelver die nooit over aanschaf van zo'n redelijk duur tot zeer duur apparaat zal prakkizeren. Bepaalde wetmatigheden die aan het licht treden bij het gebruik van digitale geheugenoscilloscopen, zoals het sampling-theorema, gelden namelijk ook in verschillende andere gebieden van de elektronica! Het is dus zonder meer nuttig dit hoofdstuk te lezen, ook als men geen directe behoefte heeft aan een digitale geheugenscoop.

## Voordelen van digitale scopen

Digitale geheugenoscilloscopen hebben tal van voordelen boven hun analoge soortgenoten.

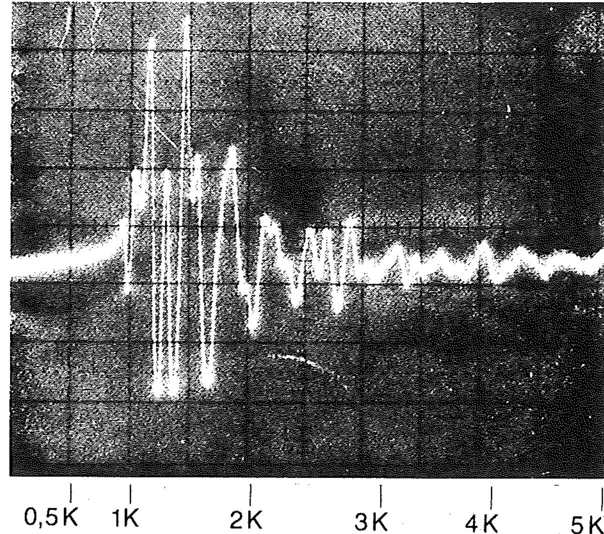
Op de eerste plaats halen moderne, zij het zeer dure, digitale scopen snelheden die te vergelijken zijn met deze van traditionele real-time apparaten. Zeker de ontwikkeling van zeer snelle flash-omzetters en geheugen-IC's met zeer kleine toegangstijden heeft tot deze ontwikkeling bijgedragen.

Door het feit dat de ingangsgegevens onder digitale vorm aanwezig zijn in een intern geheugen ontstaan tal van mogelijkheden die analoge apparatuur niet kan bieden. Men kan een digitale scoop zonder enig probleem rechtstreeks koppelen aan computers en allerhande berekeningen uitvoeren op en met de voorradige gegevens. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk spanning en stroom in het geheugen op te bergen en een externe computer het product, dus het momentele vermogen, te laten berekenen. De resultaten van deze berekeningen kunnen nadien in het interne geheugen worden opgeslagen en weergegeven op het scherm.

Bovendien kan men de gegevens opslaan op magneetband. Moderne toestellen zijn zelfs voorzien van interne floppy-diskstations of bieden de mogelijkheid dergelijke opslagsystemen via een gestandaardiseerde bus aan te sluiten.

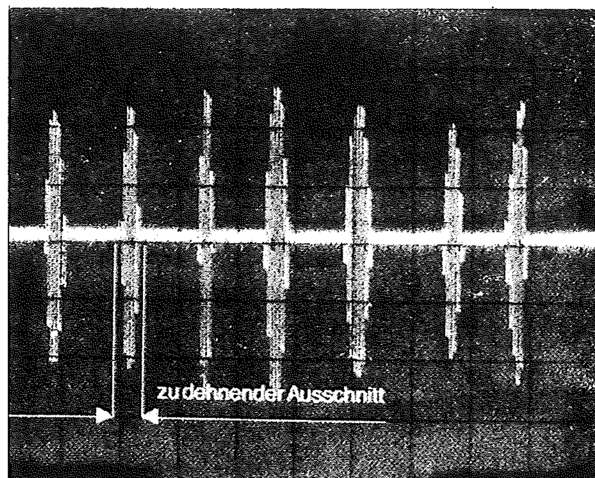
Een volgend groot voordeel is dat de gegevens niet aangetast worden, maar in principe voor eeuwig in het geheugen bewaard kunnen blijven.
Afhankelijk van de capaciteit van het interne geheugen kan men een of verschillende signalen digitaliseren en achter elkaar in het geheugen opbergen. Het is dus mogelijk eerst een aantal metingen uit te voeren en nadien de beelden een voor een op het scherm te zetten of met elkaar te vergelijken.
Moderne apparaten beschikken over een eigen CPU en middels ingebouwde software kan men allerlei soorten van beeld-manipulatie uitvoeren. Zo beschikken deze apparaten over een cursor, waarmee het mogelijk is een punt uit het beeld op te zoeken en van dit punt de momentele grootte te berekenen. Ook kan men met cursor-besturing de tijdsduur tussen twee willekeurige punten van het beeld laten berekenen of een deel van het beeld uitvergroten. Verder bestaat de mogelijkheid het uitvergrote beeld over het scherm te laten scrollen.
De digitale gegevens kunnen vaak uitgeprint worden op een printer, zodat de moeizame omweg van beeld-fotografie niet meer noodzakelijk is.
Tot slot bieden vele apparaten de mogelijkheid een ingangssignaal continu te bemonsteren en op te slaan in het geheugen. Op het moment dat er aan een bepaalde trigger-voorwaarde wordt voldaan zal het beeld op het scherm verschijnen, waarbij het trigger-moment in het midden van het scherm valt en men dus ook informatie krijgt over het verloop van het signaal voor het trigger-moment.

## Enige praktijkvoorbeelden




**Figuur 3/8.2.5-1:** Voor het correct weergeven van grillige signalen heeft men veel monsters nodig.

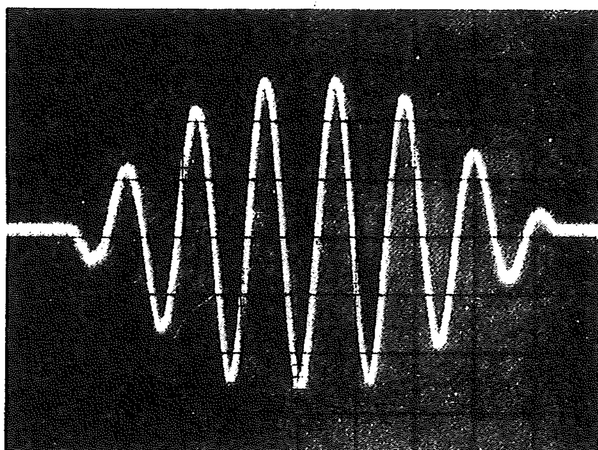
Zeer grillig gevormde signalen kunnen alleen goed weergegeven worden als men het signaal met een grote frequentie aftast en het geheugen voldoende ruimte biedt om al deze signaalmonsters op te slaan. Het getekende signaal wordt omgezet in 5120 digitale woorden, zodat hiervoor een ge-




**Figuur 3/8.2.5-2:** Zo'n signaal zou op een gewone scoop nooit gedetailleerd zichtbaar gemaakt kunnen worden.

heugen van minstens 5 K ter beschikking moet staan.

- Dergelijke signalen zijn met een traditionele oscilloscoop nauwelijks goed zichtbaar te maken. Dank zij de digitale techniek kan men het signaal in een groot aantal stappen digitaliseren en de gedigitaliseerde informatie nadien breed uitsmeren over het scherm.



**Figuur 3/8.2.5-3:** Met een digitale-scoop kan dat wel, omdat men de informatie in het geheugen op verschillende manieren kan manipuleren.

- Hetzelfde signaal, maar nu dank zij de digitale techniek meer dan vijftigvoudig vergroot. Een vergrotingsschaal die zelfs met de duurste traditionele scopen met dubbele tijdbasis en triggervertraging niet te realiseren is. De opeenvolgende stappen waaruit het beeld is opgebouwd (iedere stap komt overeen met een monster van het signaal) worden door middel van $\mu$P-gestuurde rekensoftware, werkend volgens de interpolatietechniek, in een vloeiende lijn op het scherm van het apparaat omgezet.

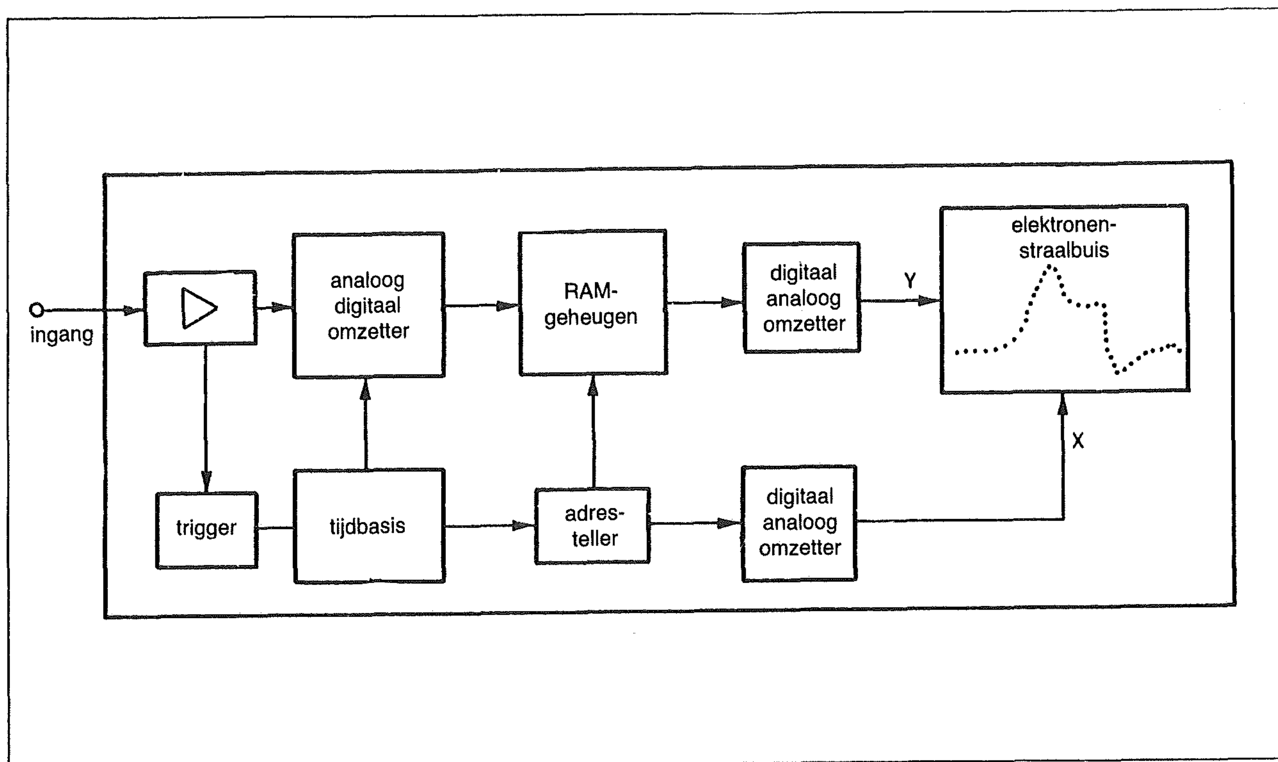
## Principiële opbouw

Het fundamentele blokschema van een digitale geheugenscoop is getekend in figuur 3/8.2.5-4.

Het te meten analoge ingangssignaal wordt in een of meerdere analoog naar digitaal omzetters omgezet in een groot aantal binaire woorden. De snelheid waarmee dit proces wordt uitgevoerd is afhankelijk van de snelheid van de tijdbasis die de ADC stuurt. De gequantifiseerde meetresultaten worden opgeslagen in een RAM-geheugen en nadien via een digitaal naar analoog omzetter weer omgevormd in een analoog signaal. Dit signaal, stapvormig opgebouwd, staat ter beschikking voor de vertikale afbuiging van het beeldbuis-systeem. Een tweede DAC zet de opeenvolgende adressen van het geheugen om in een trapvormige spanning, die wordt gebruikt voor de horizontale afbuiging van de straal.

Het resultaat is een uit een groot aantal punten samengesteld beeld. Bij een groot aantal punten zullen deze in elkaar vallen en ontstaat er een ononderbroken lijn.

De nauwkeurigheid van het eindresultaat op het scherm is niet alleen afhankelijk van het aantal stappen waarin het ingangssignaal wordt bemonsterd, maar ook van het aantal bits waaruit een woord is samengesteld. Wordt een ingangsbereik van $\pm 1$ V via een 12-bits DAC gedigitaliseerd, dan is de resolutie van het systeem gelijk aan 500 $\mu$V, want het totale gebied van -1 tot +1 V wordt dan onderverdeeld in 4096 stappen van ieder 0,5 mV.




**Figuur 3/8.2.5-4:** Blokschema van een digitale geheugenscoop.

## Belangrijkste kenmerken

De belangrijkste kenmerken van een digitale geheugenoscilloscoop zijn:
- de bandbreedte;
- de geheugendiepte;
- de bedieningsmogelijkheden, met name het al dan niet aanwezig zijn van cursor-bestuurde beeldmanipulatie en elektronische loupe.

Laagfrequentie ingangssignalen vereisen een grote resolutie en nauwkeurigheid. Breedbandige signalen zijn van nature al moeilijk nauwkeurig weer te geven. Dit betekent echter niet dat de nauwkeurigheid van een meting van de snelheid van het ingangssignaal afhankelijk is. In principe wordt de nauwkeurigheid hoofdzakelijk bepaald door de aftastsnelheid en de bitlengte van een woord.

- de bandbreedte

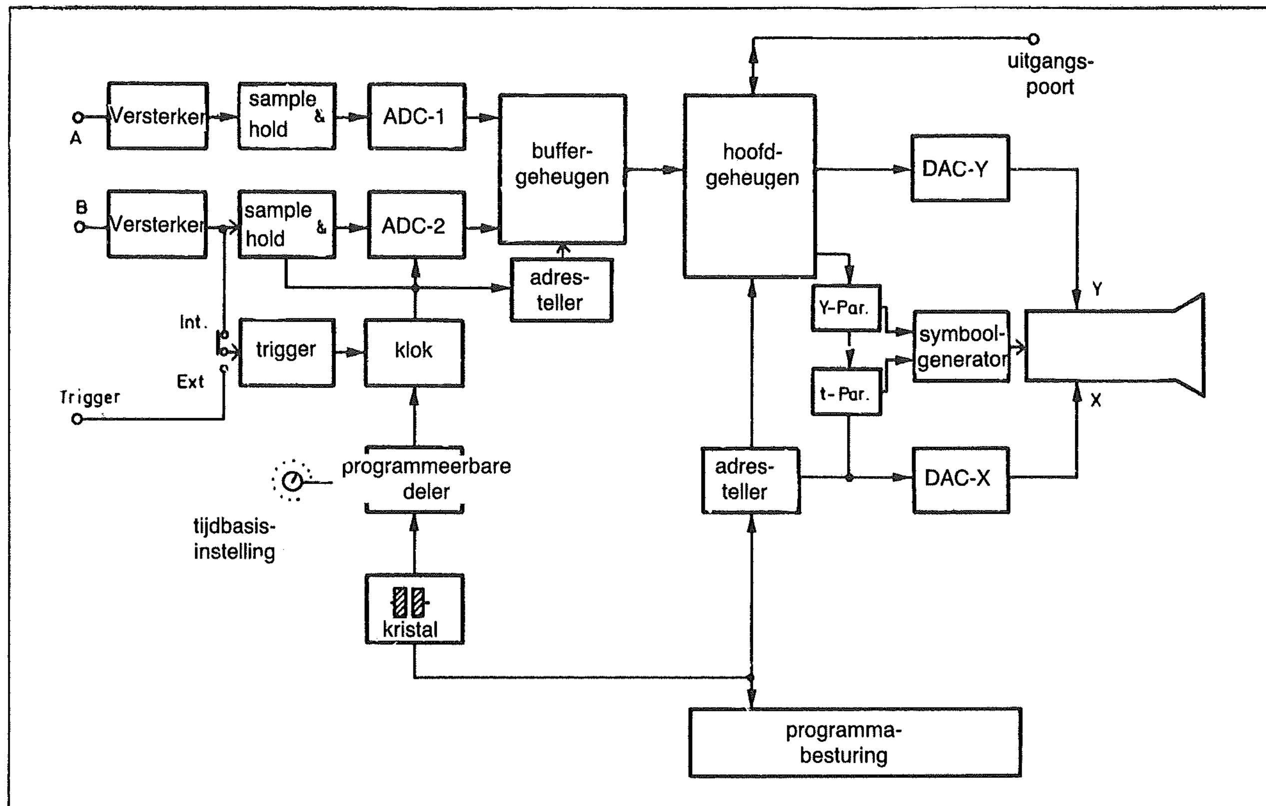
De bruikbare bandbreedte van een digitale geheugenoscilloscoop is een technisch gedefinieerde grootheid. Zij wordt in hoofdzaak bepaald door de aftastsnelheid van de analoog naar digitaal omzetter aan de ingang. Deze snelheid bepaalt de tijd die verstrijkt tussen twee opeenvolgende bemonsteringen van het te meten analoge ingangssignaal. De variaties van de ingangsspanning tussen twee opeenvolgende bemonsteringen gaan verloren. Het zal dus duidelijk zijn dat het niet zo eenvoudig is een eenduidige definitie van de bandbreedte te geven. Men zou eerder het begrip "getrouwheid" moeten invoeren, een maat voor hoe precies het systeem alle veranderin-

gen van het te meten signaal volgt. Er bestaan speciale technieken waardoor het mogelijk is met slechts enige bemonsteringen per periode toch een getrouw beeld van het signaal te krijgen. Een van de bekendste technieken is de "interpolatie". Bij de interpolatie berekent het systeem als het ware het verloop van het signaal tussen twee bemonsteringen en beeld dit af op het scherm. Het zal duidelijk zijn dat deze techniek in feite een bandbreedtebeperking veroorzaakt. De bemonsteringssnelheid neemt immers af.
Voor het weergeven van periodieke signalen voldoet de traditionele samplingtechniek beter dan de interpolatie. Bij de samplingtechniek wordt in iedere periode van het ingangssignaal slechts één monster genomen, maar wel steeds onder een iets verschoven fasehoek ten opzichte van de nuldoorgang van het signaal. Na x aantal perioden ontstaat dus toch een getrouw beeld van het verloop van de momentele waarde van het signaal over de volledige periode. De gesampelde informatie wordt nadien in de juiste volgorde op het scherm weergegeven. Op deze manier is het mogelijk zeer hoogfrequente signalen weer te geven. De frequentie van het signaal kan nu immers veel groter zijn dan de frequentie waarmee de ADC wordt gestuurd.

- de geheugendiepte
De geheugendiepte geeft de omvang weer van de informatie die in het geheugen kan worden opgeborgen. Bij de meeste modellen ligt deze parameter tussen de 1 en de 16 K-byte. Het is soms echter mogelijk de capaciteit van het geheugen uit te breiden door externe RAM-banken op het apparaat aan te sluiten.
- de bedieningsmogelijkheden
Hierover is reeds het een en ander gezegd in de inleidende paragraaf. Door het integreren van eigen microprocessoren in digitale geheugenoscilloscopen hebben de moderne apparaten zeer veel extra bedieningsmogelijkheden.

**De verschillende functiegroepen**
In deze paragraaf zullen de verschillende blokken waaruit een digitale geheugenscoop is samengesteld in het kort besproken worden. Figuur 3/8.2.5-5 geeft een uitgewerkt blokschema.

- analoog naar digitaal omzetter
Zoals reeds gezegd heeft dit blok tot opdracht de analoge ingangsinformatie om te zetten in een reeks binaire woorden. Deze binaire gegevens worden in het geheugen opgeborgen en nadien verder verwerkt. Men noemt dit proces ook wel eens het "quantiseren" van de ingangsspanning omdat de in principe oneindig verschillende waarden van deze spanning worden omgezet in een begrensd aantal trappen. Het aantal trappen is afhankelijk van het aantal uitgangs-bits van de ADC. Zo zal een 8-bits schakeling de analoge grootheid indelen in 256 "hokjes". De nauwkeurigheid van deze trap wordt dus in eerste instantie bepaald

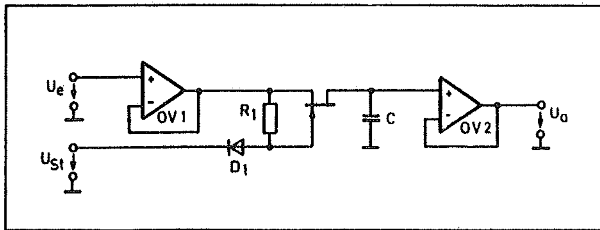



**Figuur 3/8.2.5-5:** De verschillende onderdelen van een digitale geheugenscoop.

door het aantal bits waarin het analoge signaal wordt omgezet. Een tweede belangrijke eigenschap is de snelheid waarmee de ADC werkt.
Er bestaan diverse soorten ADC's, waarvan enige uitstekend geschikt zijn voor gebruik in digitale geheugenoscilloscopen. Deze soorten worden in een afzonderlijke paragraaf besproken.

- de sample and hold

Iedere analoog naar digitaal omzetter heeft een bepaalde omzettingstijd. Gedurende deze tijd mag de ingangsspanning niet van waarde veranderen. Vandaar dat het noodzakelijk is de analoge ingangsspanning eerst aan een sample and hold schakeling aan te bieden. Deze schakeling heeft tot opdracht de waarde van de ingangsspanning gedurende de omzettings-tijd van de ADC constant te houden.
Het principiële schema van een S&H is getekend in figuur 3/8.2.5-6. In principe bestaat de schakeling uit een snelle spanningsvolger, een elektronische schakelaar en een kleine met een tweede buffer afgesloten condensator. Als de elektronische schakelaar gesloten is volgt de uitgang van de schakeling iedere variatie van de ingangsspanning. Opent men echter de schakelaar, dan blijft de momentele waarde van de ingangsspanning op de uitgang aanwezig. De kleine condensator wordt dus in feite als een analoog geheu-




**Figuur 3/8.2.5-6:** Het principe-schema van een sample-and-hold schakeling.

gen-element gebruikt. Om de in de condensator opgeslagen spanning zo constant mogelijk te houden is het noodzakelijk dit onderdeel af te sluiten met een buffer met een zo groot mogelijke ingangsimpedantie. Het andere alternatief, namelijk het vergroten van de waarde van de condensator, heeft tot nadeel dat de bandbreedte van het geheel afneemt, omdat de condensator uiteraard een capacitieve belasting voor het signaal vormt. Deze capacitieve belasting heeft tot gevolg dat de spanning over de condensator enigszins naijlt op de ingangsspanning. De maximale waarde die deze insteltijd mag hebben is afhankelijk van de nauwkeurigheid van de ADC. Voor een 10-bits ADC moet de spanning over de condensator tot op 1/1000 gelijk zijn aan de ingangsspanning. IJlt de condensatorspanning zo ver dat deze nauwkeurigheid niet bereikt wordt, dan gaan de voordelen van de 10-bits omzetter volledig verloren.

Een tweede belangrijke eigenschap vande S&H is de openingstijd. Dat is de tijd die verstrijkt tussen het geven van het bevel tot openen van de schakelaar en het moment waarop de schakelaar echt geopend is. Gedurende deze tijd zal de spanning over de condensator de ingangsspanning blijven volgen, terwijl op dat moment al begonnen wordt met het quantiseren van de ingang. Op de waarde van de openingstijd zit een bepaalde strooiing. Deze afwijking moet zo klein mogelijk zijn. Zo zal een strooiing van minder dan 10 ns op de openingstijd bij een ingangsspanning die varieert met 1 V/μs al tot een maximale onnauwkeurigheid van ±1 % leiden.

- het geheugen

Het digitale geheugen is het hart van een digitale geheugenoscilloscoop. Bij langzame apparaten wordt gebruik gemaakt van schuifregisters, in snelle apparaten treft men meestal statische of dynamische RAM-geheugens aan. Het aantal adressen van het geheugen hangt af van apparaat tot apparaat en varieert tussen de 256 en meer dan 100.000. De van de ADC afkomstige digitale informatie wordt in het geheugen ingelezen. Zijn alle adressen gevuld, dan wordt de eerste informatie uit het register geschoven en wordt de nieuwe informatie in de "staart" van het geheugen ingelezen.

Het geheugen bevat dus steeds de meest aktuele informatie en het inlees-proces kan op ieder gewenst moment gestopt worden.

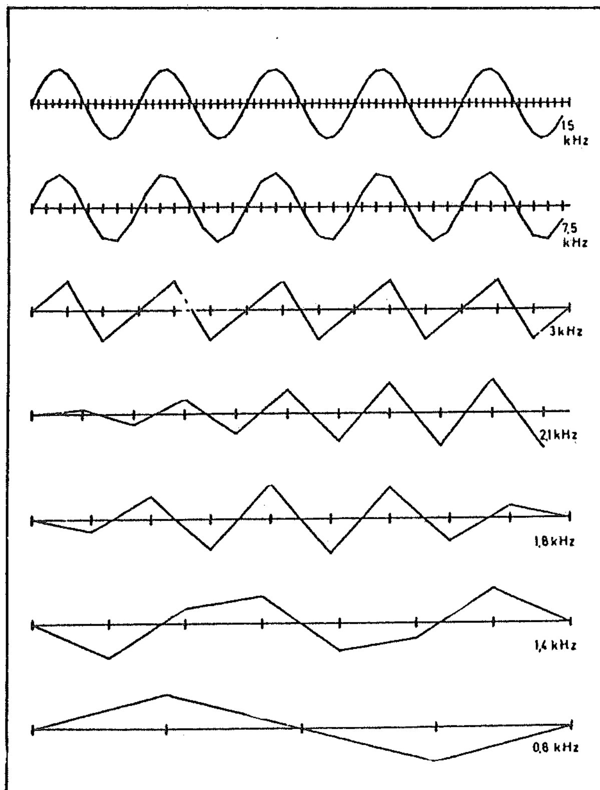
- de triggering

Bij normale oscilloscopen bepalen de trigger-condities de grootte van de spanning waarbij het apparaat start met het schrijven van een nieuw beeld. Bij digitale geheugen-

oscilloscopen bepalen de triggervoorwaarden echter het moment waarop wordt gestopt met het inlezen van nieuwe informatie in het geheugen. Dit procédé noemt men "pre-trigger modus" en heeft als voordeel dat men het verloop van een signaal kan observeren voordat er aan de triggercondities wordt voldaan. Dit is een groot voordeel van digitale geheugenoscilloscopen en deze modus komt bijvoorbeeld goed van pas als men de oorzaken van een fout zichtbaar wil maken. Men stelt de triggercondities dan zo in dat het inleesproces stopt op het moment dat de fout zich manifesteert. Op het scherm verschijnt dan een beeld van het spanningsverloop dat aanleiding geeft tot het ontstaan van de fout.
De meeste apparaten beschikken over een triggervertraging, waarmee het mogelijk is het inlezen van de informatie over een instelbaar aantal klok-perioden te vertragen.
besturingstrappen
In de meeste gevallen wordt het in- en uitleesproces bestuurd door een ingebouwde microprocessor. Deze schakeling zorgt er bijvoorbeeld voor dat bij samplingmetingen de verschillende in fase verschoven monsters in de juiste volgorde in het geheugen worden ingelezen. De systeemprocessor is ook verantwoordelijk voor het uitlezen van de data op een floppy-disk of voor het inlezen van externe informatie.
Bij de duurdere apparaten zijn er verschillende processoren aanwezig, die ieder een specifieke taak vervullen. Zo is vaak een speciale processor geïntegreerd die gespecialiseerd is in het mathematisch bewerken van de digitale gegevens. Met dergelijke apparatuur is het mogelijk frequenties, perioden, momentele groottes en dergelijke gegevens van de gemeten spanning te berekenen en numeriek op het scherm zichtbaar te maken.

**Het aftast-theorema**
Door de specifieke manier waarop digitale geheugenoscilloscopen werken worden er bepaalde eisen gesteld aan de aflees-vaardigheid van de gebruiker. Het beeld dat op het scherm verschijnt is namelijk niet steeds een getrouwe kopie van het ingangssignaal!
Deze vervormingen worden veroorzaakt door het algemeen geldende aftast-theorema dat stelt dat de frequentie waarmee een signaal wordt bemonsterd minstens twee maal groter moet zijn dan de frequentie van het te bemonsteren signaal.
Uit deze algemene wet van de informatica-theorie kan men afleiden dat de maximale frequentie die men aan de ingang van een digitale geheugenoscilloscoop mag aansluiten steeds een factor 2 kleiner moet zijn dan de maximale aftastsnelheid.

Figuur 3/8.2.5-7 geeft een zeer sprekend praktisch voorbeeld van de consequenties van dit theorema. Aan de ingang van een theoretische digitale geheugenscoop wordt een sinusvormig signaal gelegd met een frequentie van 1 kHz. Dit signaal wordt met uiteenlopende aftastsnelheden bemonsterd. Uit de tekening kan men duidelijk afleiden dat de getrouwheid van




**Figuur 3/8.2.5-7:** Een praktisch voorbeeld van het aftast-theorema. Naarmate de aftastfrequentie daalt, neemt de correctheid van het beeld af.

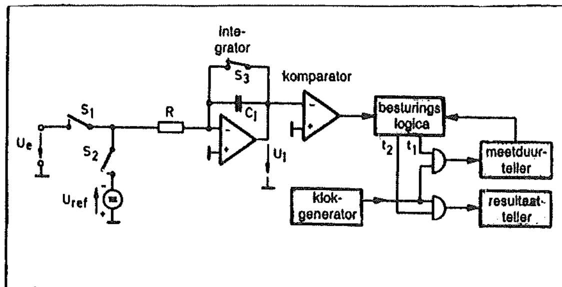
het schermbeeld afneemt naarmate de bemonsterings-frequentie daalt. In eerste instantie wordt de vorm van het signaal aangetast. Als de aftastfrequentie kleiner wordt dan 2 x de ingangsfrequentie (2 kHz in dit specifieke voorbeeld) wordt zelfs de periode-informatie vervalst!

Bij het werken met een digitale geheugenoscilloscoop moet men steeds rekening houden met de praktische consequenties van dit aftast-theorema! Steeds zal men zich de vraag moeten stellen of de frequentie van het ingangssignaal voldoende laag is ten opzichte van de ADC-klok om er zeker van te zijn dat het beeld op het scherm niet volledig vervalst is.
Vaak zal men bovendien gebruik moeten maken van scherpe laagdoorlaatfilters, die HF-bestanddelen van het signaal sperren alvorens het signaal aan de S&H en de ADC wordt aangeboden.

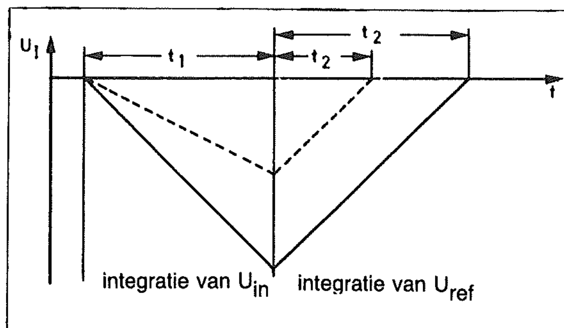
## Soorten ADC's

Er bestaan verschillende systemen om een analoge spanning om te vormen in een digitaal woord, waarvan de binaire code op de een of andere manier informatie bevat over de grootte van de analoge spanning. Deze worden nu in het kort besproken.

- dual-slope systeem
  Het meest eenvoudige systeem is dat waarbij de ingangsspanning vergeleken wordt met een lineair stijgende zaagtandspanning. Het systeem meet de tijd die verstrijkt tussen de nuldoorgang van de zaagtand en het moment waarop de zaagtand-spanning gelijk wordt aan de ingangsspanning. Gedurende dit tijdsverloop wordt een teller gestuurd met klok-pulsen. De inhoud van deze teller kan, na de comparatie, omgezet worden in een binair woord, waarvan de samenstelling een maat is voor de grootte van de spanning.
  Volgens dit systeem werken de dual-slope omzetters. Het blokschema van zo'n omzetter is getekend in figuur 3/8.2.5-8, de werking wordt toegelicht aan de hand van de grafieken van figuur 3/8.2.5-9. Om de in het systeem van de enkelvoudige zaagtandomzetter ingebakken on-




**Figuur 3/8.2.5-8:** Blokschema van een dual-slopeomzetter.




**Figuur 3/8.2.5-9:** De twee integratie-perioden van een dual-slope omzetter.

nauwkeurigheden te vermijden, werkt men bij de dual-slope ADC met twee zaagtand-hellingen. De ingangsspanning $U_e$ wordt gedurende een vaste tijd $t_1$ door middel van de elektronische schakelaar $S_1$ met de integrator verbonden. De vaste tijd $t_1$ wordt afgeleid uit de klokoscillator en is bijvoorbeeld gelijk aan de duur van 1000 klok-pulsen. De integratorcondensator gaat zich lineair en negatief opladen. Na het verstrijken van de tijd $t_1$ is de uitgangsspanning van de integrator gelijk aan een bepaalde negatieve waarde waarvan de grootte wordt bepaald door de grootte van de ingangsspanning.
Na $t_1$ opent $S_1$ en sluit $S_2$. De integrator wordt nu verbonden met een zeer nauwkeurige referentiespanning $U_{ref}$, die de omgekeerde polariteit heeft van de ingangsspanning. De integratorcondensator gaat zich nu vanaf de eindwaarde lineair ontladen en men meet de tijd die verstrijkt tot de condenstator-spanning gelijk is aan nul. Deze tijd $t_2$ is afhankelijk van de grootte van de referentie-spanning, maar natuurlijk ook van de eindwaarde van de condensatorspanning na $t_1$ en dus van de waarde van de ingangsspanning. Gedurende de tijd $t_2$ worden de klokpulsen aangeboden aan een teller. Deze stopt op het moment dat de integratorspanning gelijk wordt aan nul. De inhoud van de teller is afhankelijk van de grootte van de ingangsspanning. Door middel van deze tweevoudige zaagtand-vergelijking worden een aantal systeem-fouten van de enkelvoudige zaagtand-omzetter gecompenseerd.
Uit de bespreking van de principiële werking van de dual-slope omzetter zal duidelijk worden dat deze ADC niet erg snel werkt. De omzettingstijd is redelijk groot en deze omzetters kunnen dus, ondanks hun nauwkeurigheid, alleen gebruikt worden in apparaten die ontworpen worden voor het registreren van langzaam verlopende verschijnselen.

- triple-slope systeem

Hoewel dit systeem in principe volgens het dual-slope proces werkt, kan men toch aanmerkelijk snellere omzettings-tijden realiseren.
De integratie van het ingangssignaal neemt 32 perioden van de klok in beslag, zodat bij een klokfrequentie

van 10 MHz er maximaal 3,2 μs verbruikt worden. Het ontladen van de integrator-condensator verloopt in twee stappen. Er worden twee tijdconstanten toegepast, waarvan de ene precies 16 maal groter is dan de andere. Er zijn ook twee comparatoren aanwezig, met twee verschillende omklappunten, die zich als 1 tot 16 verhouden. De condensator wordt eerst met de kortste integratietijd ontladen tot de eerste comparator omklapt. Het aantal klokpulsen dat daarvoor nodig is bepaalt de samenstelling van de zes hoogste bits van het binaire woord. Nadien wordt de condensator met de langste tijdconstante ontladen tot aan het omklappunt van de tweede comparator. Het aantal klokpulsen dat daarvoor nodig is bepaalt de samenstelling van de vier laagste bits.

Het ontladen gebeurt met een klokfrequentie van 20 MHz. Het voordeel van dit procédé is dat er slechts 64 klok-perioden nodig zijn voor het eerste deel van de omzetting en 16 voor het tweede deel. Rekent men daarbij de noodzakelijke rekentijd van de processor die het proces bestuurt en de tijd van voor- en achterflanken, dan komt men tot een maximale omzettingstijd van 10 μs, een schijntje vergeleken met de 205 μs bij een dual-slope omzetter met 10-bits oplossend vermogen en een klokfrequentie van 10 MHz.

- SAR-systeem

SAR staat voor successive approximation register, hetgeen vrij vertaald "opeenvolgende benadering" betekent. Bij een SAR-ADC wordt aan ieder bit van de teller een bepaald "gewicht" toegekend, overeenkomend met een bepaalde spanning. De verschillende gewichten en spanningen verhouden zich onderling volgens machten van twee. Bij een 10-bits systeem komt het tiende bit (MSB) overeen met gewicht $2^{10}$ = 1024 en het eerste bit (LSB) met $2^0$ = 1. De grootte van de ingangsspanning wordt achtereenvolgens vergeleken met de gewichtsspanningen van de bits, te beginnen bij het MSB. Is de ingangsspanning kleiner dan de gewichtsspanning van dit bit, dan wordt onmiddellijk vergeleken met het op een na hoogste bit. Is de spanning groter dan de gewichtsspanning van dit bit, dan wordt dit bit "H" en wordt bij de gewichtsspanning de gewichtsspanning van het derde hoogste bit opgeteld. Op deze manier zoekt het systeem zeer snel de bit-combinatie op, waarvan de som der gewichtsspanningen gelijk is aan de ingangsspanning.

In principe kan men dit systeem vergelijken met de manier waarop men met een apothekers-balans het gewicht van een voorwerp bepaalt. Men vergelijkt het gewicht eerst met een geijkt gewicht van 100 g, slaat de balans door dan vervangt men dit gewicht door eentje van 50 g. Blijft de balans staan, dan zet men een gewichtje van 20 g bij dat van 50 g. Men gaat zo verder tot de balans in evenwicht staat. Het gewicht van het voorwerp is dan gelijk aan de som van de ijkgewichten op de tweede schaal van de balans.

- flash-systeem

Bij de flash-omzetter wordt de te meten ingangsspanning aangeboden aan een groot aantal comparatoren. Voor een 8-bits systeem zijn dat er niet minder dan 256. De referentie-ingangen van de comparatoren zijn aangesloten op een resistieve spanningsdeler, opgebouwd uit 256 identieke weerstanden.

Afhankelijk van de grootte van de ingangsspanning zullen een aantal comparatoren omklappen. De 256 uitgangen van de even zoveel comparatoren worden in een ingewikkelde logische schakeling omgezet in een 8-bits binaire code. Het zal duidelijk zijn dat deze omzetters heel snel werken. Er is in feite geen sprake van een echte omzettingstijd, het systeem past zijn uitgangscode onmiddellijk aan aan de grootte van de ingangsspanning. De enige tijd die verstrijkt is de reactietijd van de comparatoren en van de logische poorten in de schakeling die de 8-bits binaire code samenstelt uit de 256 comparator-uitgangen.

Maar het zal wel net zo duidelijk zijn dat deze omzetters uiterst gecompliceerd en dus heel erg duur zijn!

# 3/8.2.6
# Signaalvolgers

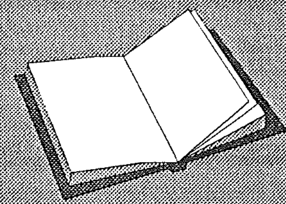
## Inleiding

**Wat is een signaalvolger?**
In één zin kan men de principiële werking van een signaalvolger als volgt samenvatten. Een signaalvolger is een eenvoudig en zeer goedkoop meetapparaatje, waarmee men fouten in elektronische schakelingen kan opsporen door aan de ingang van het apparaat een signaaltje te leggen, afkomstig van de signaalvolger, en de loop van dat signaal te volgen door de schakeling, met behulp van een eveneens in de signaalvolger ingebouwd laagfrequent versterkertje. Een signaalvolger is dus duidelijk opgebouwd uit twee los van elkaar staande schakelingen. Enerzijds een "zender", die een signaal opwekt dat aan de ingang van de te testen schakeling wordt aangeboden. Anderzijds een "ontvanger", die het signaal op een willekeurige plaats in het te testen apparaat kan oppikken en dit signaal hoorbaar maakt in een luidspreker of hoofdtelefoon.

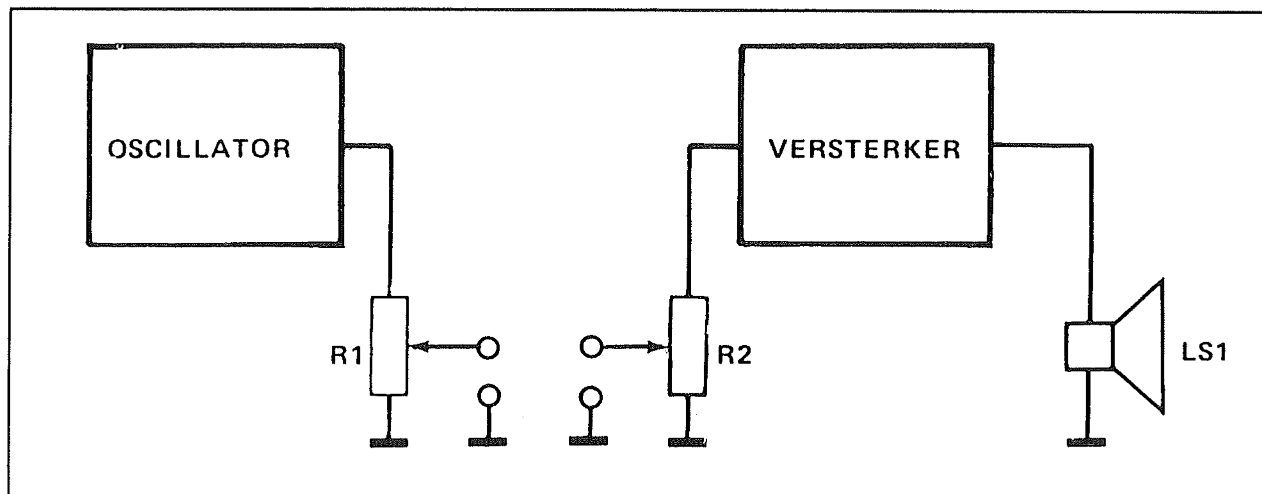
**Het blokschema van een signaalvolger**
Het blokschema van een signaalvolger, in zijn meest primitieve vorm, is getekend in figuur 3/8.2.6-1. De "zender" is vrijwel steeds opgebouwd uit een astabiele multivibrator. De spanning op de uitgang is instelbaar, zodat men de grootte van de test-uitgangsspanning kan instellen op de door de te testen schakeling gewenste waarde. Ook de versterker heeft een gevoeligheidsinstelling, zodat zowel grote als kleine signalen hoorbaar gemaakt kunnen worden, zonder dat de ingebouwde versterker of luidspreker overstuurd worden.

**Eisenpakket**
Zelfs aan een eenvoudig en goedkoop apparaatje als een signaalvolger moet een aantal eisen gesteld worden. Wil een signaalvolger in de praktijk ook werkelijk zonder problemen te gebruiken zijn, dan worden er toch wel een heleboel eisen gesteld aan de schakeling. Eerst de zenderzijde. Op de eerste plaats moet de frequentie van de generator in het hoorbare gebied liggen. Meestal zal men dan ook een generator die is afgeregeld op een frequentie van 1 kHz in het kastje verborgen vinden.

**LEES OOK:**
Hoofdstuk 3/8.1.1
Hoofdstuk 3/8.2.2
Hoofdstuk 4/7.13



**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.6-1:** Het blokschema van een signaalvolger in de meest eenvoudige uitvoering. Het apparaat is opgebouwd uit een oscillator, die meestal een vierkantsgolf met een frequentie van 1 kHz opwekt en een eenvoudig laagfrequent versterkertje. Zowel de uitgangsspanning van de oscillator als de gevoeligheid van de versterker zijn regelbaar.

De in hoofdstuk 4/7.13 beschreven signaalvolger heeft een blokgolfuitgang met een frequentie van 1 kHz, waarvan de amplitude (signaalgrootte) in twee stappen continu regelbaar is tussen 0 en 150 mV en tussen 0 en 1,5 V. De uitgangsimpedantie ligt in de grootte-orde van 1 kΩ. De versterker heeft een ingangsimpedantie van 1 MΩ en een in twee bereiken instelbare versterkingsregeling. Met een signaal van 50 mV aan de ingang wordt de ingebouwde versterker volledig uitgestuurd, wat een vermogen van 0,5 W tot gevolg heeft.

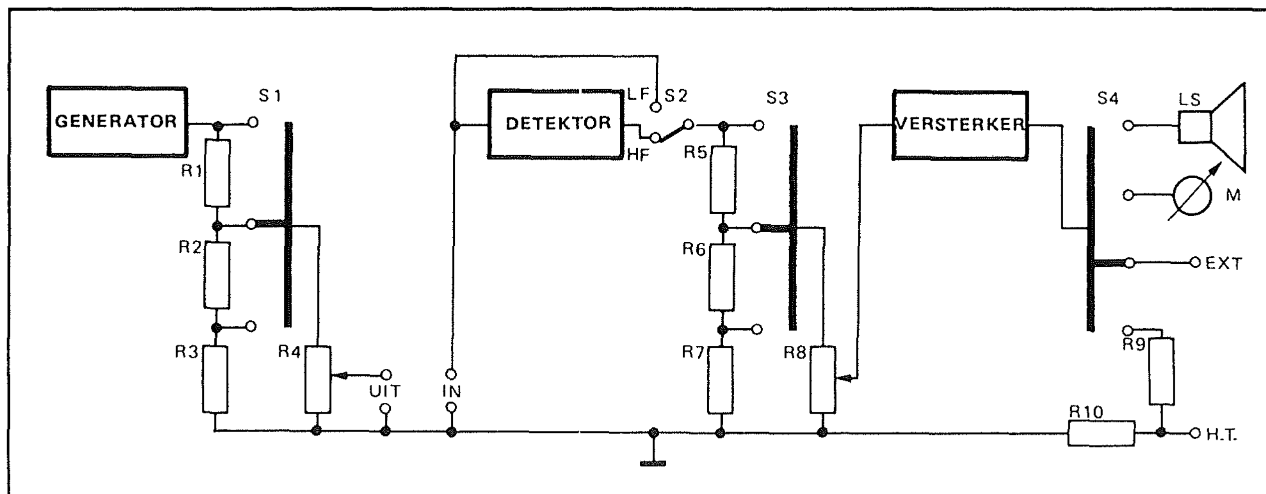
De signaalvorm, die men kiest, is een blokspanning. Niet alleen is zo'n spanning eenvoudiger en dus goedkoper op te wekken dan een sinus, maar bovendien heeft het gebruik van een blokgolf duidelijk voordelen.

Met een signaalvolger wil men ook wel eens fouten opsporen in hoogfrequente apparatuur, zoals een radio. Het signaal dat aan de ingang van zo'n apparaat moet worden aanleggen moet dan natuurlijk hoogfrequent zijn. Nu is bekend dat een vierkantsgolf, naast het hoofdsignaal met de basisfrequentie, ook is opgebouwd uit een heleboel harmonischen. Dat zijn signalen waarvan de frequentie gelijk is aan een veelvoud van de frequentie van de blokgolf. Een blok van 1 kHz zal ook signalen bevatten met frequenties tot enige honderden kHz.

Weliswaar is de grootte van deze signalen erg klein, maar dat is voordelig, daar de te testen hoogfrequent schakelingen toch erg gevoelig zijn en overstuurd worden, als de signalen groter zijn dan enige tientallen mV.

Nu de ontvangerzijde. De voornaamste eis, die aan de versterker gesteld wordt, is dat hij een hoge ingangsimpedantie heeft. Als dat namelijk niet het geval is, dan kan het voorkomen dat de schakeling waarin men meet, beïnvloed wordt door de te grote belasting van de signaalvolger. Men meet dan een signaal, dat men als fout interpreteert, terwijl de fout in dat geval alleen maar optreedt, als men de signaalvolger aansluit op een bepaald punt van de schakeling.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.6-2:** Een blokschema van een zeer luxueuze signaalvolger. De meeste extra's zitten aan de ontvangerzijde. Naast een detector, die de mogelijkheid geeft ook gemoduleerde hoogfrequent signalen te meten, heeft het apparaat een ingebouwde meter en een geijkte verzwakker, zowel aan de oscillator- als aan de versterkerzijde.

Vandaar dat het zonder meer noodzakelijk is, dat de ingangsimpedantie van de in de signaalvolger ingebouwde versterker minstens gelijk is aan 100 kΩ. Daarnaast is het ook belangrijk, dat de versterker gevoelig genoeg is om ook zeer kleine signalen (enige mV) die bijvoorbeeld optreden in microfoonversterkers, duidelijk hoorbaar te maken.

## Verfraaiingen

Bij de meeste in de handel verkrijgbare modellen zitten soms enige extra's, waarvan echter niet zonder meer duidelijk is of zij een echte uitbreiding van de meetmogelijkheden van het apparaat tot gevolg hebben. Sommige fabrikanten staan erom bekend, dat zij hun apparaten voorzien van fraai benaamde en indrukwekkend uitziende extra's, die nauwelijks produktiekosten verhogend werken, maar wel flink in de verkoopprijs worden doorberekend!
In figuur 3/8.2.6-2 is het blokschema getekend van een super-de-luxe signaalvolger. Hierin herkent men zonder meer nog steeds de basisschakeling van figuur 3/8.2.6-1, uitgebreid met hulpschakelingen. Het zendergedeelte kan voorzien zijn van een meerbereiken omschakelaar, waarmee de amplitude van de uitgangsspanning in een verhouding 1 - 0,1 - 0,001 in te stellen is. In het blokschema is dat voorgesteld door de combinatie R1-R2-R3 en de schakelaar S1. Dat kan voordelen hebben, maar in de praktijk zal men aan twee verschillende bereiken meer dan voldoende hebben.
De meeste mogelijke verfraaiingen zitten aan de ontvangerzijde. Op de eerste plaats kan de ingang van de schakeling voorzien zijn van een omschakelaar, met de notaties "LF-HF" of "AF-RF". Door middel van deze omschakelaar kan men tussen de ingang van het apparaat en de versterker een detector schakelen, zoals in het schema van figuur 3/8.2.6-2 voorgesteld door S2. Die detector bestaat uit een eenvoudige gelijkrichter, waarmee men het geluidssignaal, aanwezig op een draaggolf, uit kan filteren. Hiermee is het dus mogelijk zonder problemen fouten te zoeken

in middenfrequent versterkers van (AM)-radio's. Zoals men weet worden dergelijke schakelingen doorlopen door hoogfrequente signalen, waarbij de geluidsinformatie verborgen zit in de variërende amplitude van het signaal. Zonder detector is het niet mogelijk het geluidssignaal hoorbaar te maken. Dit lijkt dus een zeer aantrekkelijke uitbreiding. In de praktijk zal men echter ervaren dat een in de signaalvolger ingebouwde detector grote nadelen heeft.
De ingang van de signaalvolger wordt immers door middel van een afgeschermde draad verbonden met de te testen schakeling. Zo'n kabel heeft een erg hoge eigen capaciteit, dat wil zeggen dat men bij aansluiten van die kabel op een meetpunt als het ware een condensator tussen meetpunt en massa schakelt. Voor het volgen van laagfrequente signalen is dat niet erg. Deze kunnen zonder meer belast worden door een capacitieve kabel. Hoogfrequente signalen echter, zien die capacitieve kabel als een zware belasting (een capaciteit of condensator heeft immers een bepaalde weerstand voor wisselspanning) en in sommige gevallen zal die belasting zo groot zijn, dat de te testen schakeling het laat afweten. Vandaar is het veel verstandiger de detector niet in de signaalvolger zélf in te bouwen, maar in een meetpen. De hoogfrequente signalen moeten dan slechts enige centimeters in de pen doordringen en worden dan reeds omgezet in laagfrequente informatie.
Het netwerkje R5-R6-R7 en de schakelaar S3 vormen een in dB geijkte verzwakker. Dank zij deze hulpmiddelen kan men het apparaat gebruiken als geijkte meetversterker. De uitgang van de versterker moet dan wel aangesloten kunnen worden op een meetapparaatje. Er zijn signaalvolgers die een klein analoog metertje hebben. Hoe men in de praktijk hiermee kan werken wordt in een van de volgende paragrafen uitgelegd.
De versterker kan worden afgesloten met een keuzeschakelaar, in figuur 3/8.2.6-2 voorgesteld door S4. Door middel van deze schakelaar kan men de uitgang van de versterker ofwel hoorbaar maken in de ingebouwde luidspreker, ofwel verbinden met een externe luidspreker, ofwel hoorbaar maken in een eveneens extern aan te sluiten hoofdtelefoon, ofwel verbinden met een in het apparaat ingebouwde meter. Alleen de eerste en de laatste mogelijkheid lijken zinvol. De eerste keuze behoeft geen nadere toelichting. Alleen het nut van het afsluiten van de versterker met een metertje zal niet zo dadelijk duidelijk zijn. Dat heeft iets te maken met de reeds eerder besproken geijkte verzwakker, aan de ingang van de schakeling. De combinatie geijkte verzwakker en meter geeft de eigenaar van de signaalvolger de mogelijkheid zijn bezit te gebruiken voor het opmeten van de versterking van een bepaalde schakeling. De uitgangsspanning van de versterker is recht evenredig met de grootte van de aan de schakeling aangeboden testspanning. Ook de door de meter aangeduide spanning zal dus afhangen van de grootte van de gemeten spanning. Als de meter is voorzien van een in dB geijkte schaal, dan kan men door de grootte (in dB) te meten van de spanning aan de ingang van de te testen schakeling en nadien de grootte (ook in dB) van de spanning op de uitgang van de te testen schakeling, de versterkingsfactor van die schakeling berekenen. Men moet dan alleen de twee gemeten dB-waarden van elkaar aftrekken. Dat is een zeer interessante uitbreiding, omdat men daar meestal een sinusgenerator en een millivoltmeter voor nodig heeft. Wel moet opgemerkt

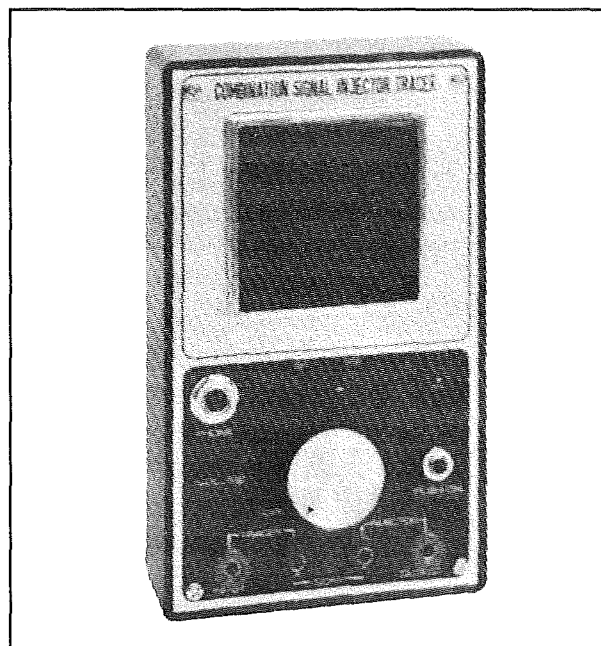
worden, dat deze meting vrij onnauwkeurig is, omdat men werkt met vierkantsgolven, en dB-metingen in principe met sinusvormige spanningen uitgevoerd moeten worden.

**Voor wie is een signaalvolger bedoeld?**
Een signaalvolger kan een zeer nuttig apparaat zijn voor hobbyisten die weinig geld aan hun hobby willen of kunnen besteden. Normaal heeft men minstens een laagfrequent generator en een eenvoudige oscilloscoop nodig om iets aan schakelingen te kunnen meten. Zelfs met de hedendaagse lage prijzen van deze instrumenten is men dan al gauw een bedrag van *f* 1.000,00 kwijt. Een hele investering als men maar af en toe iets in elkaar knutselt. Met een signaalvolger kan men een heleboel metingen en test's uitvoeren, die men in principe ook met de combinatie laagfrequent generator en oscilloscoop niet beter kan uitvoeren. Maar een goede signaalvolger kost maar één tiende van het genoemde bedrag!

# Het marktaanbod

**Inleiding**
Signaalvolgers worden niet door de grote jongens onder de fabrikanten van meetapparatuur aangeboden. Wel is er een aantal leveranciers, die partijen van tienduizenden stuks signaalvolgers in een assemblagefabriek, ergens in lage lonen landen, opkopen, er een eigen stickertje opplakken en voor weinig geld in Europa op de markt brengen. Sommige apparaatjes kan men dan ook onder diverse merknamen en typenummers aantreffen. Bovendien valt op dat signaalvolgers een lange looptijd hebben. Sommige apparaten worden al meer dan tien jaar in catalogi aangeboden.

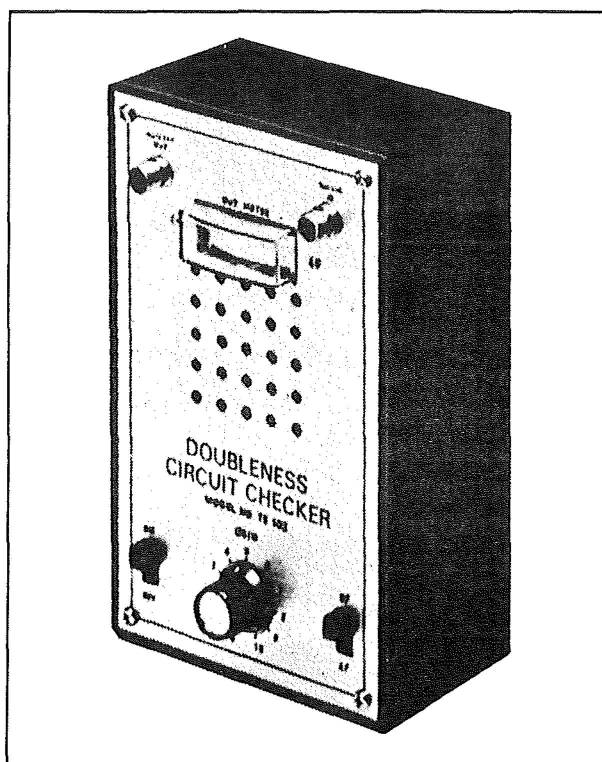
**De C3002**
De C3002, die door onder andere Eagle in Nederland op de markt wordt gebracht en voorgesteld is in 3/8.2.6-4, is uitgerust met vijf transistoren en heeft, naast de ingebouwde luidspreker, een aansluiting voor een hoofdtelefoon. Door middel van een omschakelaar kan men de ingang omschakelen van foutzoeken in laagfrequent schakelingen naar foutzoeken in hoogfrequent schakelingen. Voor deze laatste toepassing is de generator in staat een zeer snel schakelende vierkantsgolf op te wekken, zodat dit signaal harmonischen tot in het radiofrequente gebied genereert.



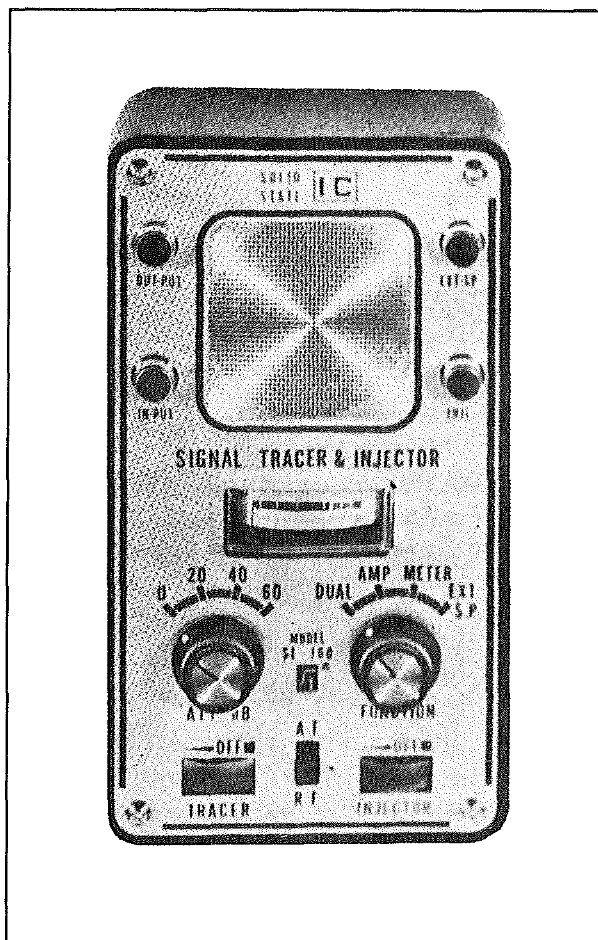
**Figuur 3/8.2.6-3:** De C3002 van onder andere Eagle zit in een klein, draagbaar kastje.

**De TE-102**
De TE-102, die door Roelofs geïmporteerd wordt, is voorgesteld in figuur

3/8.2.6-5. Dit apparaatje heeft een ingangsimpedantie van 100 kΩ, een versterking van 60 dB, een LF-HF omschakelaar, een drie-standen verzwakkerschakelaar (20-40-60 dB) en een combinatie van luidspreker en meter als uitgang.




**Figuur 3/8.2.6-4:** De TE-1022, geïmporteerd door Roelofs.



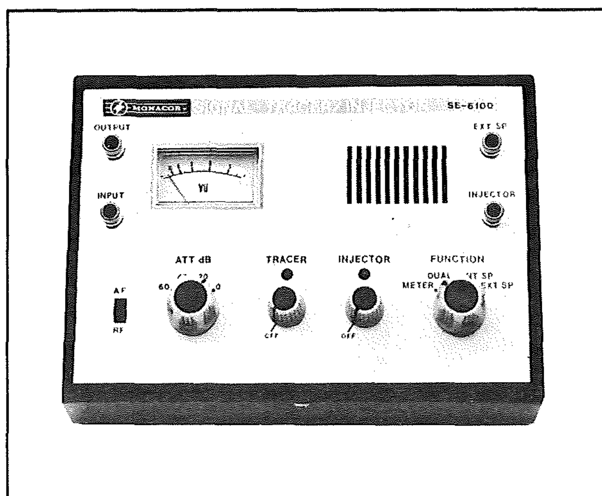

**Figuur 3/8.2.6-5:** De oude SE-360 van Monacor.

## Monacor

De SE-360 van Monacor is uitgerust met IC's en heeft een omschakelbare verzwakker die geijkt is in dB (0-20-40-60 dB). Naast de luidspreker heeft dit apparaat ook een metertje, waarmee men de grootte van de spanning kan bepalen, zij het niet erg nauwkeurig. Door middel van een tweede omschakelaar kan men de uitgang omschakelen tussen luidspreker, meter, beiden of extern. Het apparaat kan ook als meetversterker gebruikt worden, met een versterking van 60 dB. Een LF/HF omschakelaar is eveneens aanwezig.

Monacor brengt onder het typenummer SE-6100 een moderne signaalvolger op de markt. Zuiver elektronisch bekeken wijken de specificaties niet af van zijn voorganger. Maar zoals uit figuur 3/8.2.6-6 blijkt, is de vormgeving van de behuizing aan de moderne mode aangepast. Ook dit apparaat heeft een stappenverzwakker met standen van 0-20-40-60 dB en een AF/RF-omschakelaar. De gemeten signalen kunnen hoorbaar gemaakt worden in de luidspreker of op de geijkte dB-meter worden gemeten. Via een omschakelaar kan men het uitgangssignaal naar de meter sturen, naar de luidspreker, naar beide of extern verder verwerken.

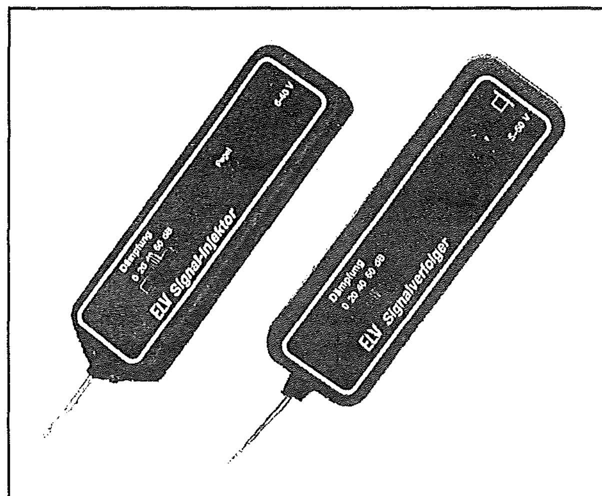
**8.2 Meetapparatuur**



**Figuur 3/8.2.6-6:** De moderne signaalvolger SE-6100 van Monacor.

## ELV

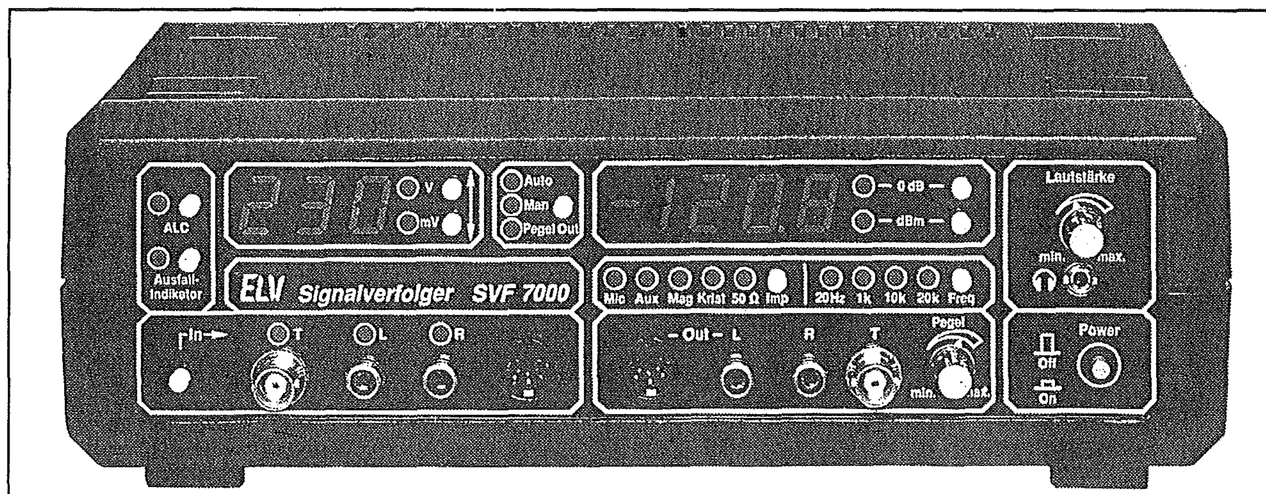
De Duitse firma ELV, die meestal erg veel elektronica voor erg weinig geld in haar behuizingen stopt, heeft ook op het gebied van signaalvolgers het een en ander aan te bieden.
In eerste instantie een combinatie van twee uiterlijk identieke meetpennen, zie figuur 3/8.2.6-7. De ene pen bevat een signaalinjector en de tweede een signaalvolger. Beide behuizingen hebben een dunne, scherpe meetpen, waarmee men direct op de pennetjes van een IC kan injecteren en meten. Ook deze injector wekt een blokgolf op met een frequentie van 1 kHz. Via een schuifschakelaartje en een (verzonken) instelpotentiometertje kan men de uitgangsspanning instellen tussen 1 mV en 1 V. De signaalvolger heeft een identiek schuifschakelaartje met standen van 0-20-40-60 dB en verder geen bedieningsorganen. De signaalgever bestaat uit een kleine piëzo-ceramische resonator en er is een connector aanwezig waarmee de signaalvolger op een externe luidspreker of een hoofdtelefoon kan worden aangesloten. Beide apparaatjes moeten extern gevoed worden, waarbij de positieve voedingspanning kan liggen tussen +5 V en +40 V.



**Figuur 3/8.2.6-7:** De twee meetpennen van ELV, die samen een zeer eenvoudige signaalvolger vormen.

Van een heel andere klasse is de SVF7000. Deze signaalvolger, die rond de *f* 1.000,00 kost, beschikt, zie figuur 3/8.2.6-8, over twee digitale uitlezingen. Een kristalgestuurde generator levert signalen af met frequenties van 20 Hz, 1 kHz, 10 kHz en 20 kHz. Het signaal is in grootte instelbaar en wordt via diverse connectoren met gestandaardiseerde uitgangsimpedanties aan de buitenwereld aangeboden. Het terug ontvangen signaal wordt op twee digitale meters gemeten. De eerste meet in V, de tweede in dB. Bij de dB-meter kan men de 0 dB referentie op iedere waarde instellen, bijvoorbeeld op het uitgangssignaal van de generator. De meetinstrumenten hebben een processorgestuurde bereikomschakeling. De voltmeter heeft zes bereiken van 2,56 mV tot 256 V, zodat het oplossend vermogen gelijk is aan 0,01 mV. Een zeer handige functie van dit apparaat is de mogelijkheid om vermogens van LF-eindversterkers te meten.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.6-8:** De SVF7000 van ELV.

Drukt men op het knopje "ALC" dan wordt op het linker display de topwaarde en op het rechter display de momentele waarde van het vermogen dat aan de luidspreker wordt aangeboden aangegeven. Natuurlijk kan men de impedantie van de luidspreker in het apparaat inprogrammeren.

# Het werken met een signaalvolger

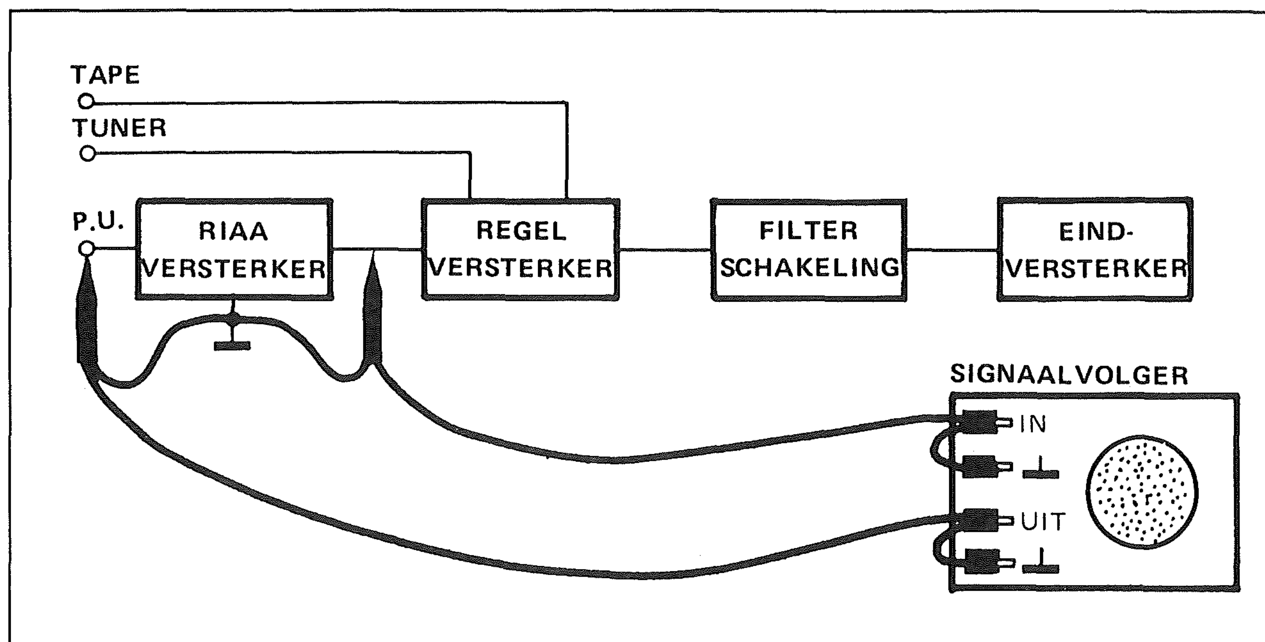
### Algemeen

Alvorens praktische voorbeelden te behandelen van het foutzoeken met een signaalvolger, lijkt het zinvol een paragraafje te wijden aan het algemeen principe van foutzoeken met een signaalvolger. In figuur 3/8.2.6-9 is een complete laagfrequent versterker onder de vorm van een blokschema getekend. Men herkent de RIAA-voorversterker, die het signaal van een magneto-dynamisch element versterkt, de regelversterker met volume-, balans- en toonregelingen, de filtertrap met ruis- en rumblefilters en de eindversterker. De versterker werkt niet, dat is een duidelijke zaak, anders zou er geen behoefte bestaan om de signaalvolger er bij te halen. Het probleem is dat er geen geluid uit het apparaat te halen is. Met de signaalvolger kan men nu trap na trap controleren.

Men sluit de uitgang van de signaalvolger aan op de gevoeligste ingang van de versterker, dat is in dit geval de ingang van de RIAA-trap. Natuurlijk moet men de grootte van het testsignaal aanpassen aan de gevoeligheid van deze ingang, wat in dit geval betekent dat men niet meer dan 10 mV uit de signaalvolger mag halen.

De ingang van de signaalvolger wordt gebruikt om de schakeling van de versterker op een logische manier af te tasten. Dat wil zeggen dat men de meetpen eerst aansluit op de uitgang van de RIAA-versterker. Als die trap in orde is, zal men aan de uitgang een signaal horen, dat aanmerkelijk groter is dan het signaaltje dat in de ingang van de trap wordt gestuurd. Dat kan men vaststellen, door het volume te vergelijken dat uit de luidspreker komt bij aanraken met de meetpen van de ingang van de RIAA-trap en de uitgang van die trap.

**8.2 Meetapparatuur**



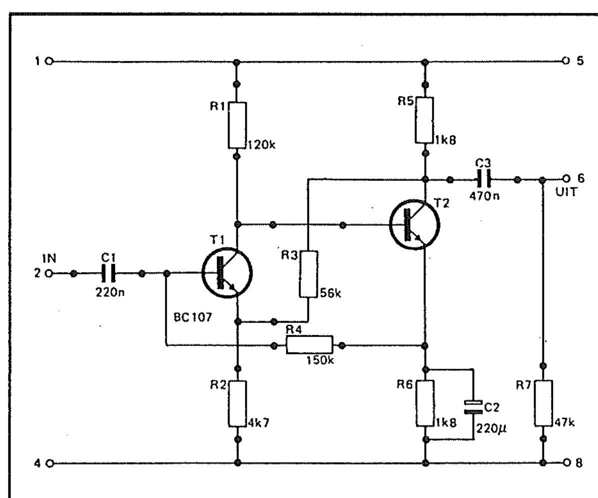

**Figuur 3/8.2.6-9:** Het principe van het foutzoeken met een signaalvolger. Het uitgangssignaal van het meetapparaat wordt aangesloten op de ingang van de te testen schakeling. Nadien worden de uitgangen van de verschillende blokken afgetast. Met dit principe kan men het blok lokaliseren, waarin de fout zich genesteld heeft.

Hierbij moet men er natuurlijk wel voor zorgen, dat de versterker van de signaalvolger niet overstuurd wordt. In dat geval zal namelijk het hoorbare geluidssignaal niet evenredig zijn met de grootte van de gemeten spanning. Vraag is hoe men in de praktijk kan voorkomen dat de versterker ongemerkt overstuurd wordt. De normale procedure is als volgt. Men verbindt de meetpen van de signaalvolger met de uitgang van de RIAA-versterker. De gevoeligheidsregeling van de versterker in de signaalvolger wordt nu zo ingesteld, dat een goed hoorbaar signaal wordt waargenomen. Het moet echter nog wel mogelijk zijn het volume te verhogen, door verdraaien van de gevoeligheidsinstelling. Men weet nu zeker, dat de signaalvolger schakelingen niet overstuurd worden. Nu verplaatst men de testpen naar de ingang van de RIAA-trap. Het geluid moet nu zo goed als onhoorbaar worden. Wie over een signaalvolger met een in dB geijkte verzwakker beschikt, kan nu de versterking van de trap bepalen door de gevoeligheidsknoppen zo te verdraaien, dat het volume uit de luidspreker gelijk wordt aan het volume dat men waarnam aan de uitgang van de RIAA-trap. De versterking van de trap in dB is dan gelijk aan het verschil in dB-instelling van de gevoeligheidsknoppen bij meting aan de ingang en meting aan de uitgang.

Als geen signaal aan de uitgang van de RIAA-versterker wordt gemeten is het duidelijk dat de fout in deze trap gezocht moet worden. Hoe dat gebeurt, is een verhaal voor de volgende paragraaf. Als er wel signaal is, dan gaat men verder. Men meet dan het signaal op aan de uitgang van de regelversterker. Omdat deze trap niet zo veel extra versterking geeft, moet het volumeverschil tussen in- en uitgang zeer klein of zelfs onhoorbaar zijn. Meet

men geen signaal, dan is bekend dat de fout in deze trap gelokaliseerd moet worden. Is de uitgang van de regelversterker wel voorzien van signaal, dan zit de fout in een van de volgende trappen en wordt daar gemeten.
Uit deze beschrijving van het principe van foutzoeken met de signaalvolger volgt een belangrijke conclusie: het heeft weinig zin fouten te gaan opsporen in een apparaat, als men niet eerst de werking van het apparaat begrijpt. Verder moet men natuurlijk over het schema beschikken. Als aan deze beide voorwaarden niet voldaan is, dan is het vrij zinloos om zich op foutenjacht te begeven!

**Foutzoeken in één trap**
In de vorige paragraaf is aangegeven hoe men met de signaalvolger een fout kan lokaliseren in een welbepaald gedeelte van een totaal schema. De tweede vraag is dan uiteraard: stel dat de fout in bijvoorbeeld de RIAA-versterker zit, hoe kan men dan de fout echt opsporen? Het vervelende is dat hiervoor gaan sluitende systemen voor te schrijven zijn. Twee dingen zijn het belangrijkst: ervaring en feeling. Het foutzoeken in een trap wordt toegelicht aan de hand van een praktijkvoorbeeld, een schakeling die iedereen gemakkelijk kan nabouwen. Men kan nadien fouten introduceren en aan de hand van de bespreking in deze paragraaf de fouten met de signaalvolger lokaliseren. Het schema is getekend in figuur 3/8.2.6-10. Dat is niets anders dan een microfoon voorversterker, opgebouwd rond twee transistoren. Deze versterkeropbouw is specifiek voor bijna alle gebruikte voorversterkers, zowel voor RIAA, CD, video, microfoon als tuner. Alleen de waarde van de onderdelen is veranderlijk en tevens zal men soms enige extra onderdelen terugvinden in de terugkoppellus. De schakeling wordt gevoed uit een spanning van 9 volt. De uitgang van de signaalvolger wordt verbonden met de ingang van de versterkertrap (in de praktijk is dat de DIN-aansluiting voor de microfoon). De uitgangsspanning van de signaalvolger wordt op een kleine waarde ingesteld.




**Figuur 3/8.2.6-10:** Het voorbeeldschakelingetje, waarmee het fouten lokaliseren in een trap word toegelicht.

Het komt er nu op aan om een logische manier bedenken om een eventuele fout op te sporen. De ingang van de signaalvolger wordt door middel van zijn afgeschermde meetkabel verbonden met de ingang van de versterker. De luidspreker zal piepen, hetgeen logisch is, men meet immers de uitgangsspanning van de signaalvolger zelf! De gevoeligheidsinstelling van de signaalvolger wordt nu zo ingesteld, dat een duidelijk hoorbaar signaal ontstaat.
Als eerste stap in het onderzoek meet men de spanning na de condensator C1, dus het signaal op de basis van T1. Uit de luidspreker moet een signaal komen dat even groot is als het signaal dat men hoorde toen de spanning op de ingang werd

gemeten. Is geen signaal aanwezig, dan zou de condensator onderbroken kunnen zijn, of de basis van T1 kortgesloten naar de voedingsspanning of de massa.
Men meet vervolgens de spanning op de emitter van T1. Dit element is opgenomen in een terugkoppellus, er moet dus een klein signaal aanwezig zijn, vergelijkbaar met het signaal op de basis. Is geen signaal te bespeuren, dan zou dat erop kunnen wijzen, dat de transistor T1 om een of andere reden niet geleidt. Een kortsluiting van R2 hoort ook tot de mogelijkheden. Beide mogelijkheden kunnen alleen maar onderzocht worden door een universeelmeter in te schakelen en de gelijkspanning op emitter en collector te meten. Is deze laatste spanning gelijk aan de voedingsspanning, dan weet men met een aan zekerheid grenzende waarschijnlijkheid dat de transistor inderdaad zonder stroom zit.
Vervolgens wordt het signaal op de collector van T1 gemeten. Dat moet enigszins groter zijn dan het signaal op de ingang, want veel versterken doet die eerste trap niet. Als men bij de vorige meting signaal vond, dan is de kans groot dat ook op de collector niets onregelmatigs wordt waargenomen.
Nu gaat men naar de basis van T2, hier zal men in 99 % van de gevallen dezelfde spanning waarnemen als op de collector van T1. Alleen een printonderbreking, immers, zou een andere uitslag kunnen veroorzaken.
De emitter van T2, dat is een interessant punt! Deze emitter wordt immers door middel van een grote condensator C2 ontkoppeld naar de massa. Deze heeft een zeer lage wisselstroomimpedantie, dat wil zeggen dat hij voor wisselspanningen een kortsluiting vormt. Als men de pen van de signaalvolger dus tegen de emitter van T2 houdt, dan mag men geen signaal horen. Komt er toch een piep uit de luidspreker, dan is de elco verouderd of intern onderbroken. Dat is een van de in de praktijk vaak optredende oorzaken van fouten. Elco's zijn nare onderdelen! Het gevolg van het slechte functioneren van de elco zal zijn, dat de versterker veel minder gaat versterken dan de bedoeling is.
Tot slot meet men het signaal op de collector van T2. De gevoeligheidsinstelling van de signaalvolger moet dan wel flink teruggedraaid worden, anders wordt de versterker van de signaalvolger flink overstuurd. Als men op de collector van T2 een veel te klein signaal meet dan zijn er drie verschillende fouten mogelijk. Ofwel is de transistor slecht ingesteld, in dat geval moet de fout opgespoord worden met een universeelmeter. Ofwel is de elco in de emitterkring stuk, maar die fout is al opgespoord. Ofwel wordt de transistor te zwaar belast en dan moet men gaan onderzoeken of er geen fouten zitten in de volgende trap.

**Algemene richtlijnen**
De vorige paragraaf was bedoeld als een inleiding in het foutzoeken in een schakeling. Veel meer dan dat kan ook niet gegeven worden. De enige mogelijkheid om zich het foutzoeken eigen te maken is: veel experimenteren. Vandaar: besteed enige uurtjes aan het aanbrengen van fouten in de schakeling! Een weerstandje lossolderen of kortsluiten, een condensator onderbreken. Meet dan telkens met universeelmeter en signaalvolger de gelijk- en signaalspanningen op de verschillende belangrijke punten. Het meest belangrijke is, dat men telkens de oorzaak van de afwijkende meetresultaten probeert te beredeneren. Alleen als men snapt waarom een spanning niet gelijk is aan de verwach-

te waarde, kan men zich echt foutdetective noemen!

## Tip's

Tot slot van dit hoofdstuk enige algemene tip's, die van pas kunnen komen bij het foutzoeken met een signaalvolger.

- De signaalspanningen op basis en emitter van een transistor moeten aan elkaar gelijk zijn. Tussen basis en emitter staat immers een (constante) geleidingsspanning van 0,7 V. Is dat niet het geval, dan kan men er voor bijna 100 % zeker van zijn dat de halfgeleider een interne onderbreking heeft. Meet men precies dezelfde gelijkspanning op basis en emitter, dan is de kans groot dat deze elementen kortgesloten zijn.
- De signaalspanning op de collector moet groter zijn dan de signaalspanning op de basis. Ook de gelijkspanning die men meet op de collector moet beduidend groter zijn dan deze die gemeten wordt op de basis.
- Als ergens in een schema een elco geschakeld is tussen massa en een punt, dan mag men op dat punt géén signaalspanning meten. Doet men dat wel, dan is de elco verouderd. De enige uitzondering is een elco in de voeding van een apparaat. Hierover zal men altijd een kleine bromspanning meten, te herkennen aan een zoemtoon uit de luidspreker van de signaalvolger.
- Staat een condensator tussen de collector van een transistor en de basis van een soortgenoot, dan moet men aan beide zijden van die condensator een even grote signaalspanning meten. Uitzondering: bij filterschakelingen kan het voorkomen, dat men de impedantie van de condensator gebruikt voor het bewust verzwakken van signalen met een frequentie onder een bepaalde grensfrequentie.
- Het feit dat men op een bepaald punt van een schakeling niet die spanning meet, die men verwacht, wil nog niet zeggen dat er iets fout is met de schakeling rond dat punt. Zeker in schakelingen, waar veel terugkoppelingen van uitgang naar ingang voorkomen, kan een fout in de uitgang van een schakeling foutieve spanningen veroorzaken in de ingangskringen van die schakeling.
- Als men een verdachtenlijstje zou opstellen van onderdelen, die meestal de oorzaak zijn van het niet functioneren van een apparaat, dan ziet dat lijstje er zo uit:
  - elco's;
  - potentiometers;
  - schakelaars;
  - halfgeleiders.

Gewone condensatoren en weerstanden gaan bijna nooit stuk, tenzij de spanningen die over de onderdelen staan groter worden dan toegelaten, maar dat zal in de moderne halfgeleiderschakelingen met hun lage spanningen wel nooit voorkomen.
Denk er verder ook aan, dat het in de fout gaan van een onderdeel de vernieling van andere componenten tot gevolg kan hebben. Zeker transistoren kunnen vernield worden door de schuld van bijvoorbeeld een lekkende elco!

# 3/8.2.7

# H.F. Volt- en dB-meters

### 3/8.2.7.1
### dBm- en mV-meters

Signaal-niveaus in hoogfrequent schakelingen worden tegenwoordig steeds in de grootheid dBm aangegeven. Per definitie heeft een signaal een waarde van 0 dBm als dit signaal een vermogen van 1 mW dissipeert in een weerstand met een bepaalde impedantie. Helaas bestaan er geen eensluidende afspraken over de waarde van deze impedantie. Wordt geen waarde aangegeven, dan kan men uitgaan van een waarde van 50 Ω. In dat specifieke geval komt een signaal van 0 dBm overeen met een spanning van 224 mV effectief.

In de hoogfrequent techniek heeft men meestal te maken met zeer kleine signaalspanningen. Een signaal van 20 dBm is slechts 22,4 mV groot. Wil men deze spanningen nauwkeurig meten dan zal men speciale schakelingen moeten gebruiken, omdat de bestaande gelijkrichterschakelingen die in laagfrequent dB-meters of digitale universeelmeters worden toegepast teveel paracitaire capaciteit vertonen om de hoge frequenties en lage spanningen van de HF-techniek te verwerken. Bovendien worden in deze schakelingen meestal operationele versterkers gebruikt om de niet-lineaire karakteristieken van de gelijkrichter-dioden te compenseren en deze onderdelen zijn al helemaal niet in staat signalen met frequenties boven de 100 kHz goed te verwerken.

Bij de genoemde kleine spanningen werken dioden in het ongeveer kwadratisch verlopende gedeelte van hun stroom-spanning karakteristiek. Dit komt erg goed uit, want als men toch vermogens wil meten is het dan niet meer noodzakelijk de karakteristiek te lineariseren! De uitgangsspanning van de diode is immers dank zij de kwadratische curve een maat voor het effectieve vermogen dat de aan de gelijkrichter aangeboden wisselspanning in een impedantie kan opwekken. De gelijkrichter geeft dus een lineaire dBm-schaal, maar een kwadratisch verlopende spanningsschaal.

Het grootste probleem is echter dat de diode-detectoren die in de hoogfrequent meettechniek gebruikt worden zeer kleine gelijkspanningen aan hun uitgang leveren en dat deze spanningen zonder versterkers niet goed gemeten kunnen worden.

Een praktisch bruikbare hoogfrequent dBm- of mV-meter is dus steeds opgebouwd uit twee blokken:
- een detector die de eigenlijke gelijkrichting verzorgt;
- een versterker die het uitgangssignaal van de detector tot een meetbare waarde versterkt.

In de twee volgende paragrafen zullen

enige praktisch bruikbare detector- en versterker-schakelingen worden besproken.

## 3/8.2.7.2 Detectoren

### Inleiding

Naast de reeds genoemde en tamelijk voor de hand liggende dioden kan men ook veldeffect transistoren en zelfs kleine gloeilampjes gebruiken om hoogfrequente wisselspanningen gelijk te richten! Van alle drie genoemde onderdelen zal nu een voorbeeld-schakeling besproken worden.

### Gloeilamp-detector

Gloeilampen hebben de eigenschap dat de weerstand van de gloeidraad afhankelijk is van de temperatuur van de draad. Vanwege deze eigenschap gebruikt men soms gloeilampjes om de uitgangsspanning van een sinus-oscillator te stabiliseren. Van dezelfde eigenschap kan men echter ook gebruik maken om wisselspanningen gelijk te richten. Het is zelfs mogelijk goede HF-gelijkrichters met subminiatuur lampjes op te bouwen die werken tot boven de 500 MHz!
In figuur 3/8.2.7.2-1 worden twee identieke gloeilampjes in serie geschakeld. De daaropvolgende regel-schakeling houdt de weerstanden van de filamenten van beide lampjes constant. De spanning op het knooppunt van de lampjes en de weerstand van 200 Ω wordt vergeleken met een referentie-spanning. Er wordt dus in feite een soort van brugschakeling, samengesteld uit drie weerstanden van 200 Ω en de twee lampjes, opgebouwd. De operationele versterker en de transistor zorgen er voor dat het systeem in evenwicht is en de spanning over de lampjes gelijk is aan de spanning tussen de twee in serie geschakelde 200 Ω weerstanden die de niet inverterende ingang van de op-amp voeden.

Als men aan de ingang $U_E$ een wisselspanning aanlegt, dan zal deze spanning een stroom door het onderste lampje tot gevolg hebben. Dit warmt iets meer op dan het bovenste lampje, het evenwicht van de brug wordt verstoord. De spanning over de lampjes varieert en de operationele versterker komt in actie om het spanningsverschil tussen zijn beide ingangen weer naar nul te regelen. De regelspanning op de emitter van de transistor is dus een maat voor de waarde van de wisselspanning aan de ingang en het is dan ook deze (gelijk)-spanning die via een tweede operationele versterker aan een meetinstrument wordt aangeboden.

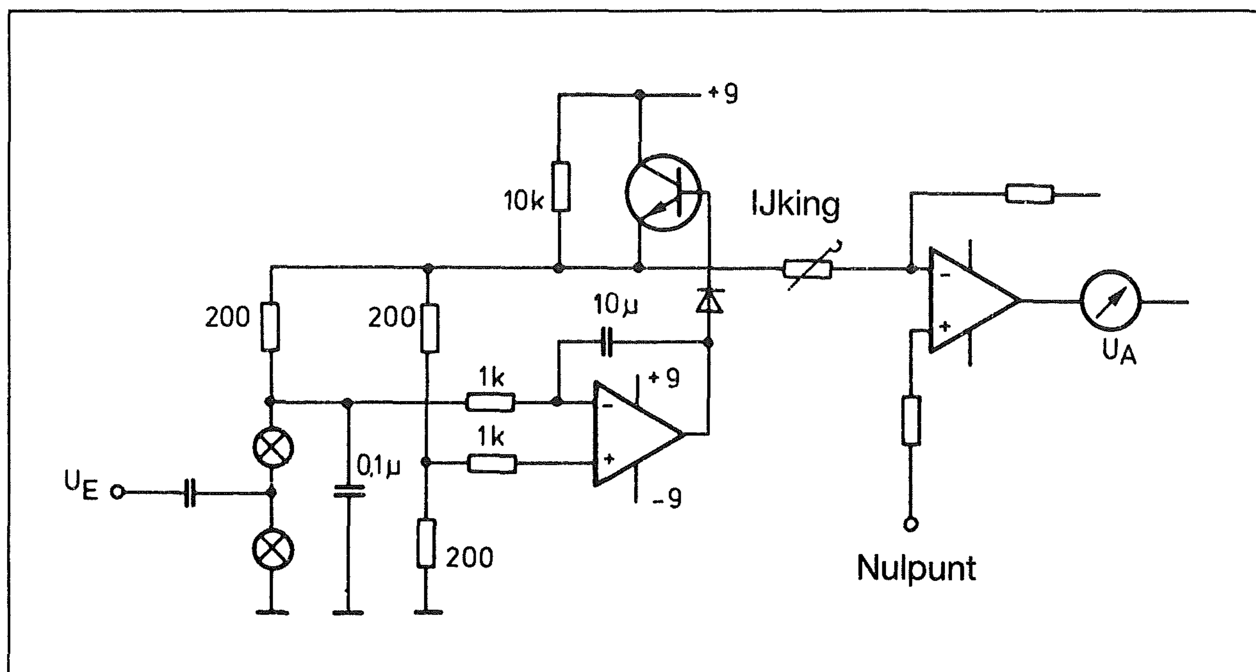
Natuurlijk zal de regelspanning niet nul zijn als er geen signaal aan de ingang wordt aangeboden. Vandaar dat de tweede operationele versterker ook nog eens gevoed wordt uit een negatieve hulpspanning waarmee een kunstmatig nulpunt gecreëerd kan worden. In feite werkt deze tweede op-amp als inverterende verschilversterker, die het verschil berekent tussen de regelspanning van de detector en de negatieve hulpspanning. Door het variëren van de grootte van deze negatieve spanning kan men de naald van de meter op nul afregelen bij 0 V signaal aan de ingang.

Nadelen van deze schakeling zijn het geringe meetbereik van ongeveer −7 tot +13 dBm en de tamelijk grote afhankelijkheid van de omgevings-temperatuur.

### FET-detector

In de schakeling van figuur 3/8.2.7.2-2 wordt een veldeffect transistor, een FET,

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.7.2-1:** Hoogfrequente milliwatt-meter met detector samengesteld uit twee identieke subminiatuur gloeilampjes.

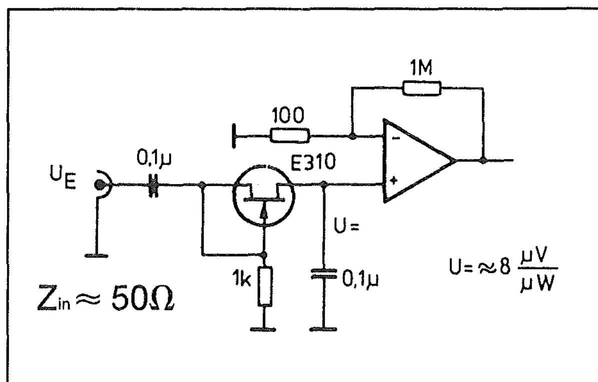
gebruikt als gelijkrichter. De FET werkt als passief element, gebruik makend van het kwadratische verloop van een deel van de FET-karakteristiek. De stroom die door de FET vloeit wekt over de condensator van 100 nF een gelijkspanning op, die de basis vormt van het meetsysteem. Deze spanning is echter zo klein dat men zelfs bij gebruik van de meest ruisarme operationele versterker niet veel lager dan –30 dBm volle schaal kan meten. Bovendien gaat het kwadratische karakter langzaam verloren als men signalen van meer dan –50 dBm meet, zodat de schaal niet over het volle bereik lineair ingedeeld kan worden.

De ingangsimpedantie en het frequentiebereik van de schakeling zijn voor een groot deel afhankelijk van de eigenschappen van de FET. Zoals men weet vertonen FET-specificaties zeer grote afwijkingen van type tot type, zodat dit soort schakelingen zich niet erg leent voor seriefabrikage. De temperatuursafhankelijkheid van de FET kan echter wel gecompenseerd worden, bijvoorbeeld door het opnemen van een temperatuurafhankelijke weerstand in serie met de FET.

**Diode-detector**

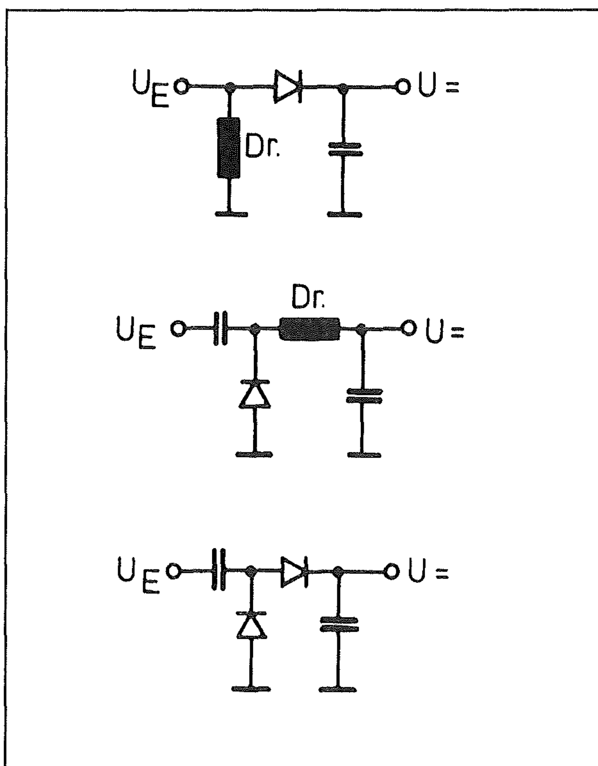
Figuur 3/8.2.7.2-3 geeft enige voorbeelden van zeer eenvoudige diode-detectoren voor hoogfrequente wisselspanningen. De gevoeligheid van dit soort schakelingen kan aanmerkelijk verhoogd worden door de diode in te stellen met een kleine gelijkspanning. Zoals uit de stroomspanning karakteristieken van enige typen dioden, getekend in figuur 3/8.2.7.2-4, blijkt hebben de meeste dioden een horizontaal verlopend gebied, waar er van geleiding absoluut geen sprake is. Door nu een kleine gelijkspanning over de diode te zetten kan het werkpunt verschoven worden naar het punt in de karakteristiek

## 8.2 Meetapparatuur




**Figuur 3/8.2.7.2-2:** Schakeling van een Wattmeter waarbij gebruik wordt gemaakt van de kwadratische karakteristieken van een FET.

waar de diode begint te geleiden. Zelfs de kleinste wisselspanning die op deze instelspanning wordt gesuperponeerd heeft dan een uitgangsstroom tot gevolg.



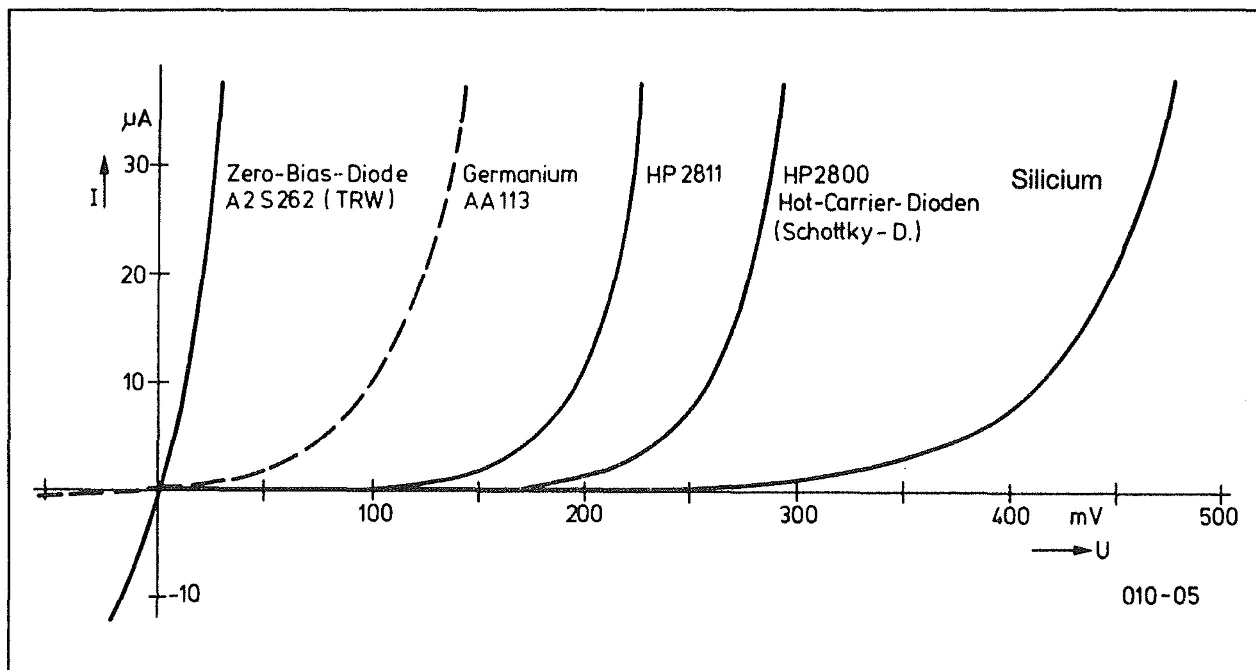

**Figuur 3/8.2.7.2-3:** Basis-schakelingen voor hoogfrequent detectoren met dioden.

Er bestaat een speciaal type diode, de zogenaamde 'zero-bias-diode', waarbij de stroom-spanning karakteristiek met een behoorlijk steile helling door het nulpunt van de karakteristiek gaat. Bij deze diode is dus geen bias- of instelspanning nodig, maar helaas heeft deze diode een zeer grote temperatuurscoëfficiënt waardoor de praktische bruikbaarheid zeer ter diskussie komt te staan. Men zal dus aan de slag moeten met gewone dioden, waarbij de noodzakelijke bias-spanning nuttig gebruikt kan worden voor het compenseren van de temperatuurscoëfficiënt van de halfgeleider.

Schottky-dioden hebben zeer goede hoogfrequente eigenschappen en zijn bijgevolg zeer geschikt voor toepassing in dit soort schakelingen. Het dynamische bereik is tamelijk groot en loopt van ongeveer –50 dBm tot +20 dBm. Zoals uit de dynamische grafiek van figuur 2/8.2.7.2-5 blijkt ligt de overgang tussen kwadratische en lineaire werking rond de –20 dBm. Bij grotere spanningen wordt de diode namelijk in het lineaire gebied van haar karakteristiek ingesteld, het gebied dat ook gebruikt wordt bij laagfrequente gelijkrichtschakelingen zoals bijvoorbeeld gebruikt in digitale universeelmeters. De onderste grens van ongeveer –50 dBm wordt vastgelegd door de ruiseigenschappen van de diode. De bovenste grens wordt gegeven door de doorslagspanning van de diode.

De ruis kan niet met een eenvoudig filter uit het uitgangssignaal verwijderd worden. De ruis bevat namelijk veel componenten met frequenties onder de 1 Hz – het zogenaamde flikker-effect – hetgeen zich uit in een langzame en onregelmatige oscillatie van de naald van de meter rond de meetwaarde.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.7.2-4:** De stroom-spanning karakteristieken van enige dioden, waaruit duidelijk blijkt dat de meeste dioden een bias moeten krijgen om het horizontaal verlopende deel van hun karakteristiek te overbruggen.

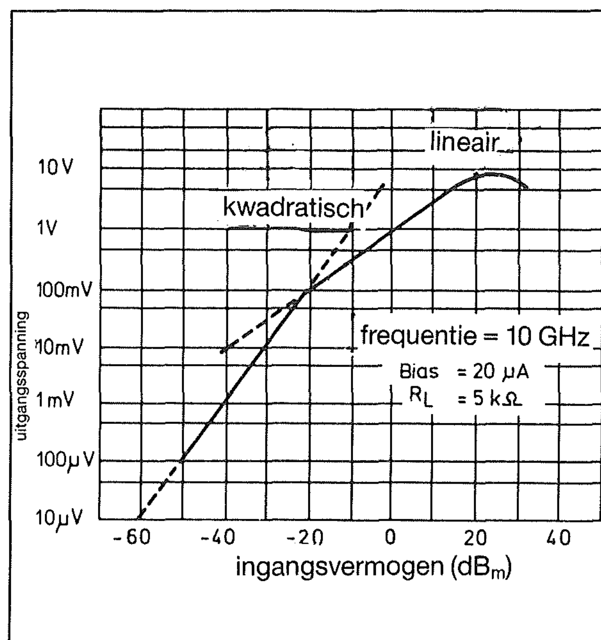
## 3/8.2.7.3 Versterker-schakelingen

### Inleiding

In de praktijk worden voornamelijk dioden gebruikt voor het samenstellen van hoogfrequente spanning- en dB-meters. In de volgende paragrafen worden enige praktische schakelingen besproken waarbij een diode als detector wordt gebruikt en dit onderdeel is opgenomen in een versterker-schakeling.

### Diodegelijkrichter met gelijkspanningsversterker

In de schakeling van figuur 3/8.2.7.3-1 worden twee Schottky-dioden toegepast. De anoden van deze onderdelen worden ingesteld op een kleine positieve biasspanning voor het vergroten van de gevoeligheid van de gelijkrichter. Deze spanning ontstaat over de weerstand van 2 kΩ en wordt via de onbenoemde voorschakelweerstand uit de positieve voedingsspanning afgeleid. De bedoeling is dat de bias-weerstand van 2 kΩ wordt doorlopen door een stroom van ongeveer 20 µA. De bovenste diode is de eigenlijke gelijkrichter, de onderste is toegevoegd om de schakeling minder temperatuursafhankelijk te maken. Wil dit compensatie-systeem goed werken, dan moet men twee dioden met absoluut identieke karakteristieken voor deze schakeling selecteren en moet men de behuizingen van beide onderdelen op precies dezelfde temperatuur houden. De Schottky-dioden hebben een temperatuurscoëfficiënt van ongeveer –2 mV/°C en het zal duidelijk zijn dat zelfs het geringste temperatuursverschil tussen beide



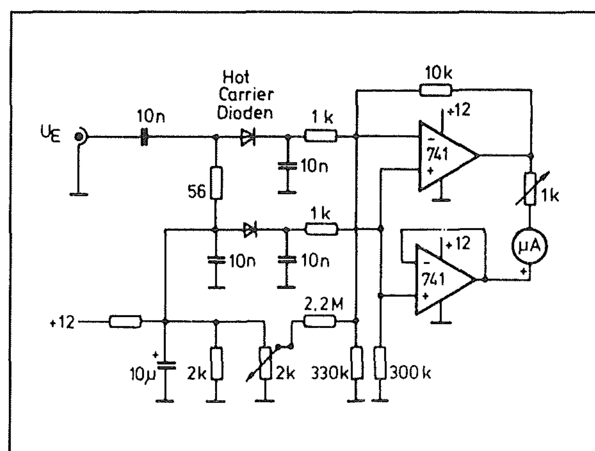

**Figuur 3/8.2.7.2-5:** Het dynamische bereik van een diode-detector met biasspanning.

onderdelen het nulpunt van de meter behoorlijk verschuift!
De gevoeligheid van de schakeling bedraagt –23 dBm volle schaal. Het knikpunt tussen kwadratische en lineaire werking ligt bij –13 dBm. Helaas heeft de schakeling, ondanks de compensatiediode, een onbehoorlijk grote temperatuurscoëfficiënt. De afwijking in functie van de temperatuur is getekend in figuur 3/8.2.7.3-2.

De ingangs-impedantie van de schakeling is onafhankelijk van de eigenschappen van de dioden en wordt volledig bepaald door de ingangsweerstand van 56 Ω.

## Gelijkrichter met linearisering van de schaal

De tot nu toe behandelde schakelingen vertonen in het midden van het nuttige meetbereik een knik tussen kwadratische en lineaire werking. Dit heeft tot gevolg dat de helft van de dBm-schaal lineair is ingedeeld en de andere helft kwadratisch. Hoewel dit voor sommige specifieke toepassingen gunstig uitkomt bestaat er toch behoefte aan hoogfrequente vermogenmeters met een volledig lineair verlopende dBm–schaal.

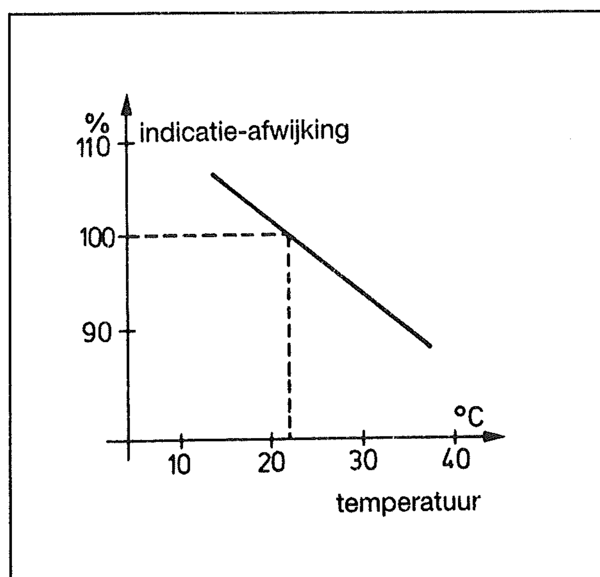



**Figuur 3/8.2.7.3-1:** Een kwadratische diodegelijkrichter met versterker en compensatie van het temperatuur-verloop door middel van een tweede thermische gekoppelde identieke diode.

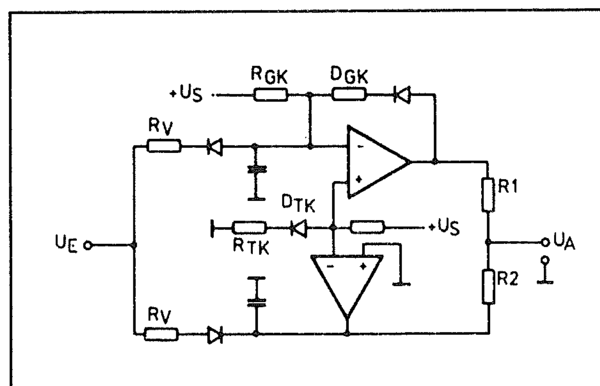
De in figuur 3/8.2.7.3-3 voorgestelde schakeling werkt met een dubbele gelijkrichter en automatische temperatuurscompensatie en linearisatie van de karakteristiek.

De onderste operationele versterker wordt gebruikt voor het leveren van de biasspanning en voor het compenseren van de temperatuurscoëfficiënt. Een van de ingangen van deze operationele versterker is verbonden met de anode van de referentiediode $D_{TK}$ die voor de compensatie wordt gebruikt en dus precies dezelfde eigenschappen moet hebben als de twee gelijkrichtdioden en bovendien op dezelfde temperatuur moet staan. Merk op dat bei-

**3.8 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.7.3-2:** De afwijking van de meteruitslag in functie van de temperatuur van de schakeling uit de vorige figuur.




**Figuur 3/8.2.7.3-3:** Een dubbele gelijkrichter met geoptimaliseerde temperatuurcompensatie en niet lineaire versterker voor het compenseren van de niet lineaire werking van de detectie-diode.

de gelijkrichters in serie staan en dat de instelspanning een bias-stroom door beide dioden veroorzaakt!

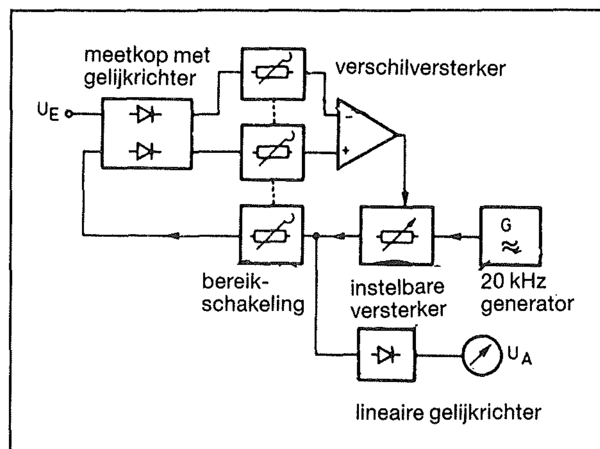
De bovenste operationele versterker is de meet-versterker. Deze heeft een vierde diode in de terugkoppeling tussen uitgang en niet inverterende ingang. Het gevolg is dat de spanningsversterking niet constant is maar afhankelijk van de grootte van de stroom die door deze diode vloeit en dus indirect ook van de groote van de uitgangsspanning.
Daardoor wordt de niet lineaire werking van de gelijkrichters gecompenseerd.

Deze schakeling heeft een lineaire schaal van –30 dBm tot +20 dBm en een te verwaarlozen temperatuurscoëfficiënt.

**Lineaire hoogfrequente mV-meter**
Hoewel men in de meeste gevallen goed uit de voeten kan met een meter die het signaal in dBm uitdrukt, kan het voor sommige toepassingen nuttig zijn de grootte van een klein hoogfrequent signaal rechtstreeks in mV af te lezen en dat uiteraard het liefst op een lineaire schaal. De HF mV-meter waarvan het blokschema in figuur 3/8.2.7.3-4 wordt voorgesteld vervult met zijn lineair bereik van 1 mV tot 10 V al deze wensen. De praktische schakeling is zeer gecompliceerd en omdat er wel niemand over zal peinzen zo'n meter zelf te bouwen wordt volstaan met de bespreking van het werkings-principe aan de hand van het blokschema.

De schakeling vergelijkt de uitgangsspanning van de HF-detector met de uitgangsspanning van een volledig identieke detector die echter met een signaal met een frequentie van 20 kHz wordt gevoed. De twee gelijkgerichte spanningen worden met elkaar vergeleken in een verschilversterker. De uitgangsspanning van deze operationele versterker stuurt een in de uitgang van de ingebouwde 20 kHz generator opgenomen elektronische verzwakker. Deze wordt zo gestuurd tot de twee gelijkgerichte spanningen even groot zijn.

## 8.2 Meetapparatuur




**Figuur 3/8.2.7.3-4:** Hoogfrequente mV-meter met lineaire schaal waarbij de gedetecteerde HF-spanning wordt vergeleken met een op identieke manier gedetecteerd 20 kHz signaal.

Omdat de beide detectoren identiek zijn mag men veronderstellen dat de wisselspanningen aan de ingangen even groot zijn als beide dezelfde gelijkspanning afleveren. De ingangsspanning van de 20 kHz detector – even groot als de HF ingangsspanning – kan nu op eenvoudige manier gemeten worden met een normale gelijkrichterschakeling voor lage frequenties.

Het zal duidelijk zijn dat de gevoeligheid van 1 mV volle schaal alleen bereikt wordt als er hoge eisen worden gesteld aan de in de schakeling gebruikte onderdelen. Zo moeten beide detectoren tot op een tiende procent identieke eigenschappen bezitten en moet men voor de verschilversterker een zeer speciale en dure instrumentatieversterker met chopper-werking toepassen.

# 3/8.2.8

# Het gebruik van probes bij meetapparatuur

## Inleiding

### Wat is een probe?

Volgens het "Kramers' Engels Woordenboek" is een probe "een sonde, een apparaat voor het onderzoeken van of het doordringen in". Een zeer mooie omschrijving van wat dit begrip voorstelt. Met een probe zal men in de elektronische meettechniek inderdaad onderzoeken verrichten of doordringen in de punten van een schakeling. Probes zijn in feite net zo belangrijk als de meetapparatuur waarop zijn worden aangesloten. De eigenschappen van een goede, dure oscilloscoop kunnen niet ten volle benut worden als men het apparaat niet met een geschikte probe op het meetpunt aansluit! Vanwege de belangrijkheid en het brede toepassingsgebied van probes zijn er bijna net zoveel probes op de markt als soorten meetapparatuur. In dit hoofdstuk worden de probes besproken die de doe-het-zelver gebruikt: probes voor het aansluiten op universeelmeters en probes voor het aansluiten op een oscilloscoop.

### Waarom probes?

Men kan zich de vraag stellen waarom het noodzakelijk is probes te gebruiken. Waarom niet gewoon twee losse draadjes? Er zijn diverse goede redenen om niet gewoon een paar draadjes te gebruiken, zoals:

- bereikbaarheid van meetpunten;
- veiligheid bij het meten;
- risico van beschadigingen;
- belasting van het meetpunt;
- gevoeligheid voor externe signalen;
- onvoorspelbaarheid van de meting.

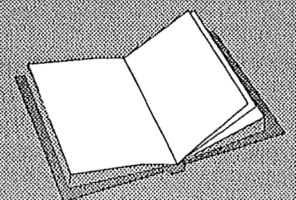
### Bereikbaarheid van meetpunten

In de moderne schakelingen worden vaak zeer kleine SMD-componenten toegepast en IC's in pietluttig kleine behuizingen. Het is absoluut onmogelijk om met gewone draadjes goed in dit soort schakelingen te meten.

### Veiligheid bij het meten

Het koppelen van losse draden aan netgevoede apparatuur kan een levensgevaarlijke situatie opleveren, omdat de fase van de netspanning dan kan worden aangeraakt of omdat er contact kan worden

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/4.8
Hoofdstuk 3/8.2.2
Hoofdstuk 3/8.2.3
Hoofdstuk 3/8.3.7
Hoofdstuk 4/7.4



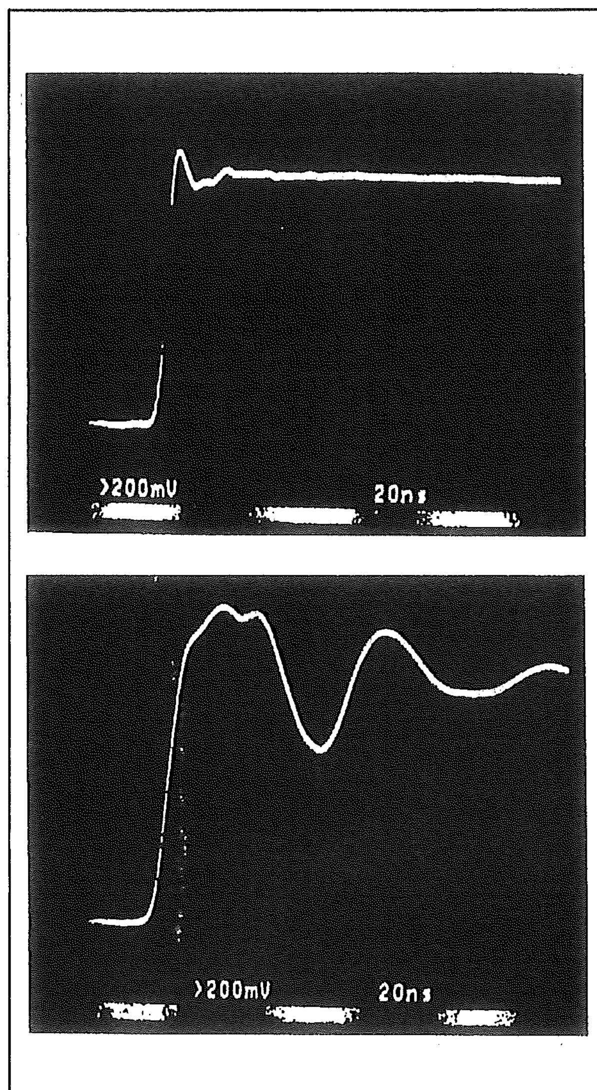
gemaakt met intern opgewekte hoge spanningen. In beide gevallen biedt de losse draad geen enkele bescherming, noch aan de apparatuurkant, noch aan de aansluitklemmen van de oscilloscoop of universeelmeter.

**Risico van beschadiging**

Twee niet duidelijk van elkaar te onderscheiden losse draden, een signaaldraad en een aarddraad, kunnen een ravage aanrichten in netgevoede apparatuur. Wanneer de aarddraad wordt verbonden met een willekeurig signaal van een netgevoed apparaat, levert dit gegarandeerd schade op, simpelweg omdat de oscilloscoop en de meetschakeling vaak worden gevoed vanuit dezelfde geaarde wandcontactdoos. Er kan dan een massalus ontstaan, waardoor kortsluitingen niet uitgesloten zijn. Raakt men bijvoorbeeld met de massaleiding van de scoop een punt aan dat via een lage impedantie met de netspanning is verbonden, dan zal er een grote aardstroom gaan lopen die in het gunstigste geval alleen de aardlekschakelaar laat uitslaan en in het ongunstigste geval onderdelen met lage impedanties zo verhit, dat deze letterlijk exploderen!

**Belasting van het meetpunt**

De ingangsimpedantie van ieder meetinstrument bestaat uit een combinatie van weerstand en capaciteit. Wanneer men deze impedantie door middel van gewone draadjes met het meetpunt verbindt, zal de belasting van het meetpunt 1 MΩ (de ingangsweerstand van de oscilloscoop) en meer dan 30 pF bedragen. Dit laatste komt overeen met de gangbare ingangscapaciteit van de oscilloscoop plus de strooicapaciteit van de losse draden. In het bovenste oscillogram van figuur 3/8.2.8-1 is te zien hoe een signaal, afkomstig van een meetpunt met een impedantie van 500 Ω, er uitziet als dit wordt belast door een goede probe (10 MΩ, 10 pF), die op de oscilloscoop is aangesloten. De probe van de oscilloscoop heeft een bandbreedte van 300 MHz, de waargenomen stijgtijd bedraagt 6 ns.



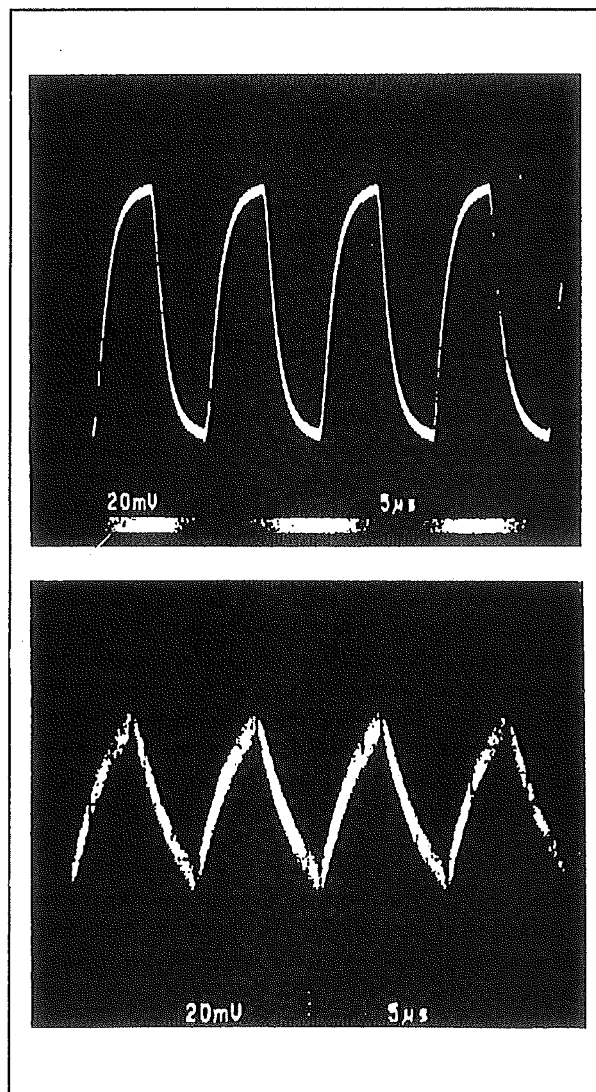

Figuur 3/8.2.8-1: Meten mét (boven) en zonder (onder) probe: de meetresultaten zonder probe zijn volledig onbetrouwbaar!

In het onderste oscillogram is hetzelfde signaal afgebeeld, maar nu gemeten via

twee losse draden met een lengte van 2 meter. De belasting bedraagt 1 MΩ (de ingangsweerstand van de oscilloscoop) en ongeveer 20 pF (de ingangscapaciteit van de oscilloscoop, vermeerderd met de strooicapaciteit van de draden). De waargenomen stijgtijd is verminderd tot 10 ns en het impulsgedrag van het systeem is onbruikbaar geworden! Kortom, zonder een goede probe kan men met een oscilloscoop dingen waarnemen, die er in de praktijk niet zijn. Of, met andere woorden, zonder probe belast de ingangsimpedantie van de oscilloscoop het meetpunt zo erg, dat de schakeling niet goed meer werkt.

### Gevoeligheid voor externe signalen

Een niet afgeschermd stuk draad werkt als een antenne ten aanzien van het oppikken van externe velden, zoals de interferentie van de netfrequentie, elektrische ruis van TL-buizen, radiozenders en signalen van zich in de buurt bevindende apparatuur. Deze signalen worden niet alleen samen met het gewenste signaal toegevoerd aan de oscilloscoop, maar kunnen eveneens in het te testen apparaat terecht komen. De impedantie van het meetpunt heeft een belangrijke invloed op de grootte van deze interferentiesignalen die in de draad worden ontwikkeld. Een zeer lage impedantie sluit alle geïnduceerde spanningen kort ten opzichte van aarde, maar er kunnen nog steeds hoogfrequente signalen op de ingang van de oscilloscoop of universeelmeter verschijnen die het gewenste signaal maskeren.
Om ook dergelijke effecten uit te sluiten moet men gebruik maken van een probe die tevens voorziet in coaxiale afscherming van de centrale geleider, zodat het oppikken van externe velden wordt voorkomen.




Figuur 3/8.2.8-2: Een mooi voorbeeldje van de beïnvloeding van een meetsignaal door opgepikte ruis. Boven gemeten met een goede probe, onder gemeten met twee onafgeschermde draadjes.

In figuur 3/8.2.8-2 wordt een fraai voorbeeld gegeven, dat iedereen zal overtuigen van het nut van probes! Er wordt een zeer klein signaal gemeten dat afkomstig is van een meetpunt met een relatief hoge impedantie (100 mV over 100 kΩ). In het bovenste oscillogram wordt gemeten met

een goede probe (300 MHz, 10 MΩ en 10 pF). Dit is een getrouwe weergave van het signaal, zij het dat de resistieve belasting van de probe de amplitude van het signaal met circa 1 % heeft gereduceerd. De waargenomen hoogfrequente ruis maakt deel uit van het signaal op het hoogimpedante testpunt. Wordt op het testpunt gemeten met behulp van twee losse draden, dan gebeuren er twee dingen. Op de eerste plaats daalt de amplitude ten gevolge van de toegenomen resistieve en capacitieve belasting en ten tweede wordt ruis toegevoegd aan het signaal, omdat de losse draden in het geheel niet zijn afgeschermd (zie onderste oscillogram). De meeste ruis is interferentie van de netfrequentie, afkomstig van fluorescentielampen (TL-verlichting) in de testomgeving.

### Onvoorspelbaarheid van de meting

Het meest ergerlijke effect van het gebruik van losse draden bij het observeren van hoogfrequente signalen is de onvoorspelbaarheid. Elke aanraking of verplaatsing van de draden kan resulteren in niet reproduceerbare effecten op het waargenomen beeld.

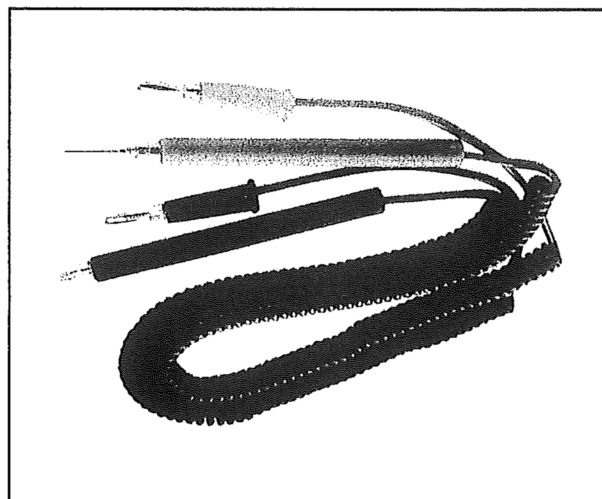
## Probes voor universeelmeters

### Inleiding

Bij het meten met universeelmeters speelt een aantal van de opgesomde bezwaren niet zo'n grote rol. Bij het meten van gelijkspanningen zal men geen last hebben van opgepikte signalen, omdat de universeelmeter deze dan toch niet meet. Ook bij het meten van wisselspanningen hoeft men niet zo'n uitgebreide maatregelen te treffen als bij het meten met oscilloscopen. Het frequentiebereik van de meeste universeelmeters is zo laag, dat de genoemde effecten geen rol spelen. Probes bij universeelmeters hebben dan ook voornamelijk een handigheids- en veiligheidsfunctie: ze maken het meten confortabeler.

### Meetprobes met spiraalsnoeren

De meeste universeelmeters worden geleverd met de goedkoopst mogelijke uitvoering van meetkabels. Een hele verbetering zijn de in figuur 3/8.2.8-3 voorgestelde meetprobes met spiraalkabels. Deze verhinderen dat de lange meetkabels over de werktafel rondslingeren en zorgen ervoor dat er geen verwarring kan ontstaan met de overige kabels die rondslingeren. Dergelijke meetkabels zijn uiteraard volledig vrij van elektronische onderdelen en verbinden de meetpunten rechtstreeks door met de ingangen van de universeelmeter.

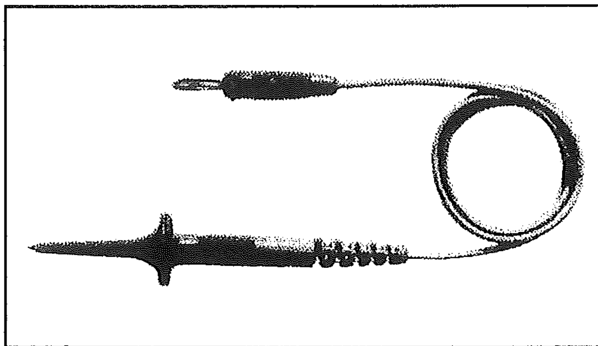


**Figuur 3/8.2.8-3:** Meetprobes met spiraalkabels voor universeelmeters.

### Meetprobes met veiligheidhandgrepen

Wie vaak hoge spanningen moet meten kan gebruik maken van de in figuur

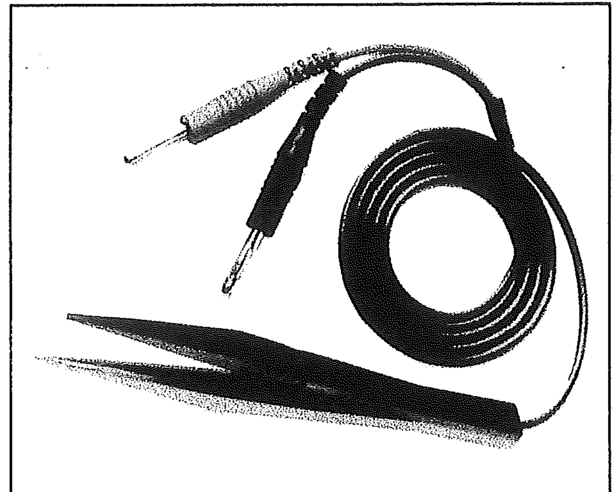
3/8.2.8-4 voorgestelde veiligheidprobes, ook wel aanrakingszekere probes genoemd. Deze hebben een voorziening die belet dat de hand waarmee men de probe vasthoudt per ongeluk naar het niet geïsoleerde deel van de meetstift glijdt. Bovendien zijn deze probes beter geïsoleerd. Met het type Ms100 van Hirschman kan men bijvoorbeeld met een gerust hart gelijkspanningen tot 1.200 V en wisselspanningen tot 1.000 V tegemoet treden.



**Figuur 3/8.2.8-4:** Meetprobes met veiligheidhandgrepen voor het meten van hoge spanningen.

**Probes voor oppervlaktemontage**

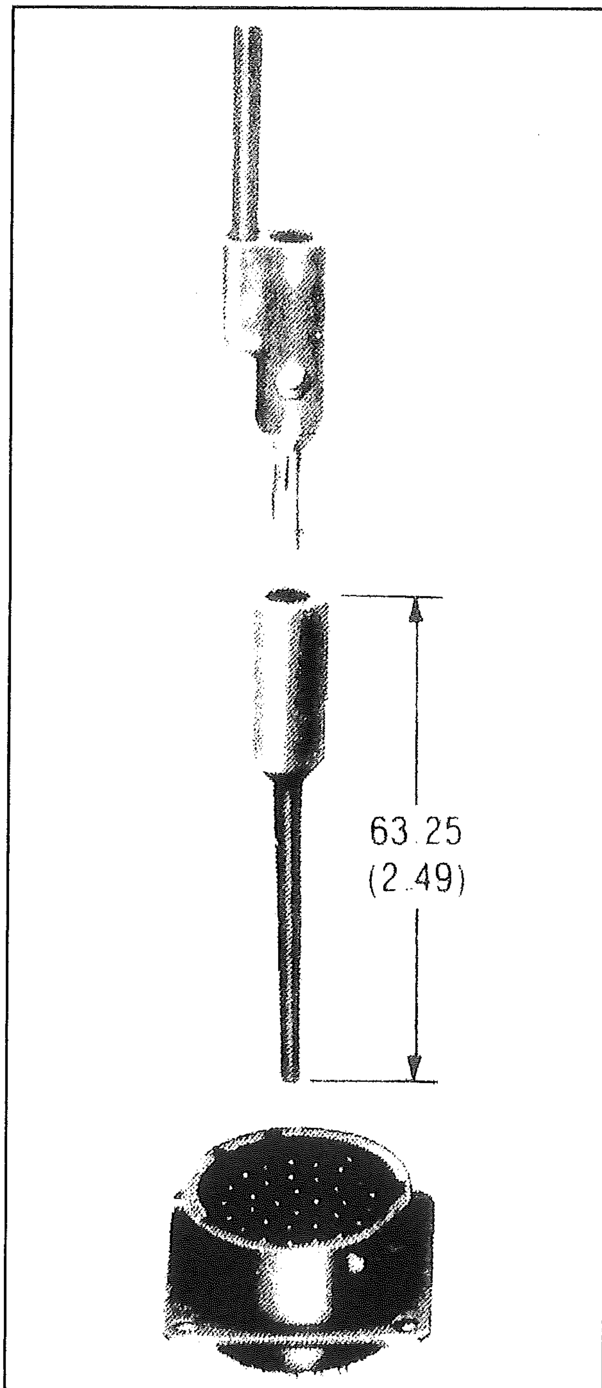
Veel printplaten bevatten tegenwoordig componenten voor oppervlaktemontage (SMD's). De verhoogde pakkingsdichtheid, grotere betrouwbaarheid van de producten en de lagere assemblagekosten zijn enkele van de vele voordelen van deze technologie. Het opsporen van fouten en het maken van verbindingen is echter veel lastiger geworden, omdat de componenten veel kleiner zijn. De IC-pennen zijn dunner en liggen vlak naast elkaar en op de doorgaans kleinere printplaten zitten veel meer componenten die veel dichter naast elkaar liggen dan bij conventionele technieken. In figuur 3/8.2.8-5 zijn speciale probes voorgesteld, waarmee men heel gemakkelijk in dergelijke printplaten kan meten. Zij zijn ideaal voor het meten van de weerstandswaarde van een SMD-component of voor het meten van de spanning die over een SMD-onderdeel staat.



**Figuur 3/8.2.8-5:** Speciale probe voor het meten over SMD-componenten.

**De "SureFoot"**

De "SureFoot" is een integrale probetip en een miniatuurgeleider waarmee foutloos uit de hand contact kan worden gemaakt met fine-pitch SMD-componenten. Geleid door de IC-pennen richten de kunststof tanden de probe uit voordat er elektrisch contact wordt gemaakt. De tanden vormen eveneens een afscherming tussen de IC-pennen om te voorkomen dat de probetip omringende pennen kortsluit. De "SureFoot" voldoet aan de normen voor de EIAJ- of Jedec-behuizingen, is verkrijgbaar in verschillend gekleurde uitvoeringen en is geschikt voor de meeste algemeen gebruikte SMD-behuizingen voor pennen met hartafstanden van 0,65 mm (EIAJ) en 25 mil (Jedec). Een helder oranje uitvoering is bedoeld voor de nog dichtere 0,5 mm pennen-bezetting van diverse EIAJ-behuizingen.




Figuur 3/8.2.8-6: Een probe voor het rechtstreeks meten aan de pennen van connectoren.

### SOIC Clip's

De SOIC Clip's vereenvoudigen de verbinding met small outline IC's. De clip's met klemveer zorgen voor een stevige en nauwkeurige grip en hebben vergulde contacten voor een lage contactweerstand. Ze zijn geschikt voor meeuwenvleugelvormige of "J"-pennen met hartafstanden van 0,050 inch. Aan de bovenzijde van de clip's bevinden zich vierkante pennen van 0,025 inch, waaraan een probe of losse draad kan worden geklikt.

### Veercontact-probes

Veercontact-probes zijn ontworpen voor spijkerbedmontage en voor het snel testen van printkaarten op componentenniveau. Dit zijn "probes" in de ware zin van het woord, die qua afmetingen en prestaties een technisch hoogstandje vormen. De kleinere versies zijn geschikt voor montage met hartafstanden van 50 mil (1,27 mm).

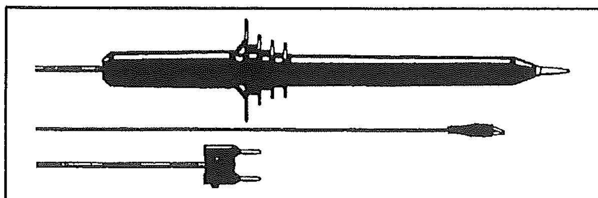
### Probes voor het meten aan connectoren

In figuur 3/8.2.8-6 is een meetprobe voorgesteld, waarmee men rechtstreeks aan de contacten van een connector kan meten. De probe past aan de ene zijde in een standaard 4 mm banaansteker en aan de andere zijde over een pen van een connector. Dergelijke probes zijn voor verschillende pendiameters in de handel.

### Hoogspanningsprobes

De hoogspanningsprobes, die signalen tot 40 kV kunnen verwerken, vormen een speciale categorie van passieve spanningsprobes. Zoals uit figuur 3/8.2.8-7 blijkt beschikken deze probes over extra dikke isolatie en geïsoleerde ringen, die moeten voorkomen dat de hand van de bediener via kruipstromen toch nog iets onaangenaams van de hoge meetspanning meekrijgt. In de probe is een speciale hoogspanningsweerstand opgenomen, die met de ingangsweerstand van de universeel-

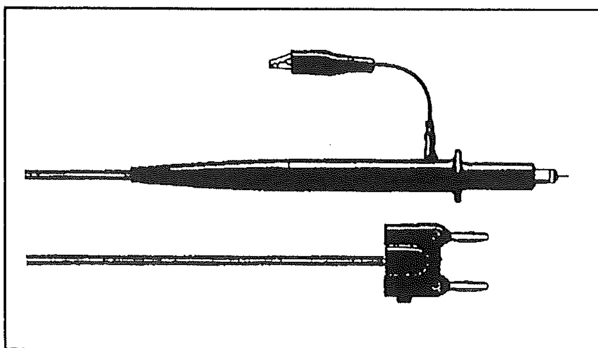
meter een spanningsdeler vormt. Men gaat uit van een ingangsimpedantie van de universeelmeter van 10 MΩ, zodat de weerstand in de probe een waarde moet hebben van 10.000 MΩ.



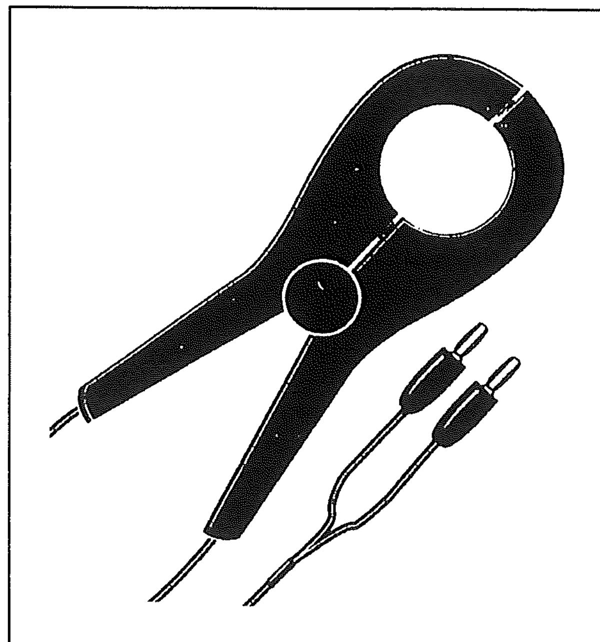
**Figuur 3/8.2.8-7:** Met dergelijke hoogspanningsprobes kan men gelijkspanningen tot 40.000 V meten.

## RF-probes

Dit zijn probes, die intern voorzien zijn van een gelijkrichter en waarmee men HF-wisselspanningen kan geljkrichten, zodat men de effectieve waarde ervan kan meten op de DC-bereiken van een universeelmeter. In de meeste gevallen hebben deze probes een frequentiebereik van 100 kHz tot 500 MHz. Uiteraard zijn dergelijke probes afgeschermd en moet men de massa zo dicht mogelijk bij het meetpunt met de massa van de schakeling waarin gemeten wordt verbinden, zie figuur 3/8.2.8-8.



**Figuur 3/8.2.8-8:** Met RF-probes kan men hoogfrequente signalen meten met de universeelmeter.



**Figuur 3/8.2.8-9:** Stroomtangen voor het contactloos meten van grote stromen.

## Stroomtangen

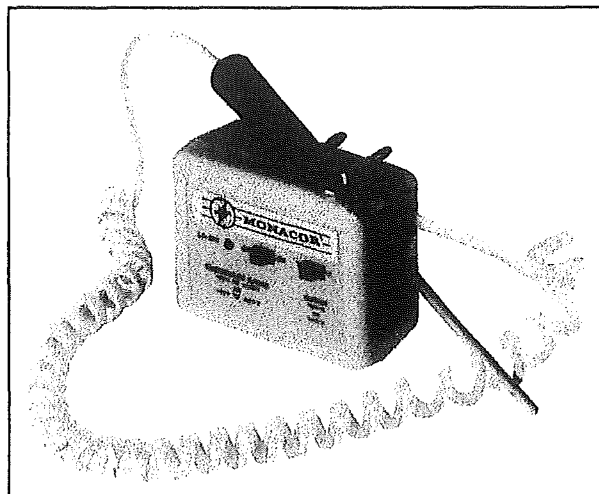
Een zeer speciale soort probes vormen de stroomtangen, zie figuur 3/8.2.8-9. Deze worden over een stroomvoerende geleider aangebracht en meten de sterkte van het magnetisch veld dat door de stroom rond de geleider wordt geïnduceerd. Dergelijke probes meten dus contactloos! Dit veld wordt omgezet in een spanning, die aan de ingang van de universeelmeter wordt aangeboden. Er bestaan stroomtangen die alleen geschikt zijn voor het meten van wisselstromen en veel duurdere uitvoeringen, die ook DC-stromen kunnen detecteren. Stroomtangen zijn alleen geschikt voor het meten van heel grote stromen: waarden van 150 A, 200 A, 400 A en 600 A zijn geen uitzondering! Daarnaast bestaan er echter ook stroomtangen die voorzien zijn van elektronische schakelingen en waarmee men stromen kan meten in het bereik van 0,1 A tot 1.000 A.

Dergelijke probes zijn echter extreem duur!

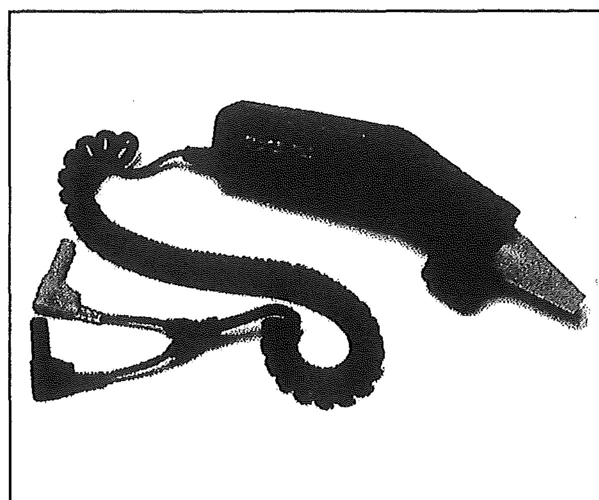
**Temperatuurprobes**

Een handige probe, waarmee iedere universeelmeter kan omgebouwd worden tot digitale temperatuurmeter. Er zijn diverse uitvoeringen op de markt, van heel goedkope tot extreem dure. De goedkoopste bevatten in feite niets meer dan een temperatuursafhankelijk weerstand. Men meet de weerstand en via een omrekeningsgrafiek kan men de bij deze weerstand horende temperatuur aflezen. Iets betere uitvoeringen, zoals het Monacor-model dat wordt voorgesteld in figuur 3/8.2.8-10, bevatten een echte lineaire temperatuursensor en een elektronische batterijgevoede schakeling die de $I_{PTAT}$-stroom van de sensor omzet in een gelijkspanning. Dergelijke probes zijn geijkt in °C, °F of °K, soms omschakelbaar, en leveren een uitgangsspanning van bijvoorbeeld 10 mV/°C, zodat men temperaturen rechtstreeks zonder omrekening kan aflezen. Het temperatuurbereik loopt van -50 °C tot +150 °C, zodat men hiermee alle praktisch voorkomende temperaturen in en om het huis nauwkeurig en snel kan meten.

Wie veel geld te vergeven heeft, kan de moderne ***contactloze*** temperatuurprobes aanschaffen. Deze meten de golflengte van de infrarode straling die door een voorwerp wordt uitgestraald en berekenen aan de hand van de golflengte de temperatuur van het voorwerp. Het voordeel van dergelijke probes is dat zij traagheidsloos werken. Al na één seconde staat de exacte temperatuur van het voorwerp op het display van de universeelmeter. Enig nadeel is dat dergelijke probes niet geschikt zijn voor het goed meten van temperaturen die veel lager zijn dan de omgevingstemperatuur. De meting word dan te zeer verontreinigd door de infrarode achtergrondstraling van de hetere omgeving. De Fluke 80-T-IR, zie figuur 3/8.2.8-11, meet bijvoorbeeld maar van -18 °C tot +260 °C. Ook deze probes hebben een spanningsuitgang, met een lineaire omzettingscoëfficiënt van bijvoorbeeld 10 mV/°C.




**Figuur 3/8.2.8-10:** Een probe voor het meten van temperaturen.



**Figuur 3/8.2.8-11:** Het contactloos en snel meten van temperaturen kan met dergelijke infrarood-probes.

# Probes voor oscilloscopen

## Inleiding

Iedereen die een oscilloscoop toepast, maakt eveneens gebruik van de probes die bij dat instrument horen. Probes verbinden de meetpunten van de te testen schakeling met de ingangen van de oscilloscoop. Ook hier geldt dat, om optimale systeemprestaties te verkrijgen, het een eerste vereiste is dat het juiste type probe wordt gekozen. Het aansluiten van een oscilloscoop op een te testen apparaat met behulp van een paar losse draden doet geen recht aan de vele mogelijkheden van de oscilloscoop!

## Voordelen van het toepassen van probes

Het toepassen van een probe bij het meten met de oscilloscoop heeft niets dan voordelen. Om er een paar te noemen:
- verminderen van de capacitieve belasting;
- verhogen van het meetbereik;

## Verminderen van de capacitieve belasting

Alle probes zullen de te testen schakeling (de bron of het signaal dat wordt gemeten) tot op zekere hoogte belasten. Toch is een probe het meest geschikte hulpmiddel om de noodzakelijke verbindingen te maken. Een paar losse draden zullen, zoals hierboven is beschreven, de te testen schakeling zwaar belasten, ze kunnen er in feite zelfs de oorzaak van zijn dat dit apparaat niet langer werkt. Probes zijn ontwikkeld om de belasting zo gering mogelijk te houden. Van alle soorten probes geven passieve, niet-verzwakkende 1x-probes de hoogste capacitieve belasting. Zelfs deze zijn echter ontworpen om de belasting zo gering mogelijk te houden.

## Verhogen van het meetbereik

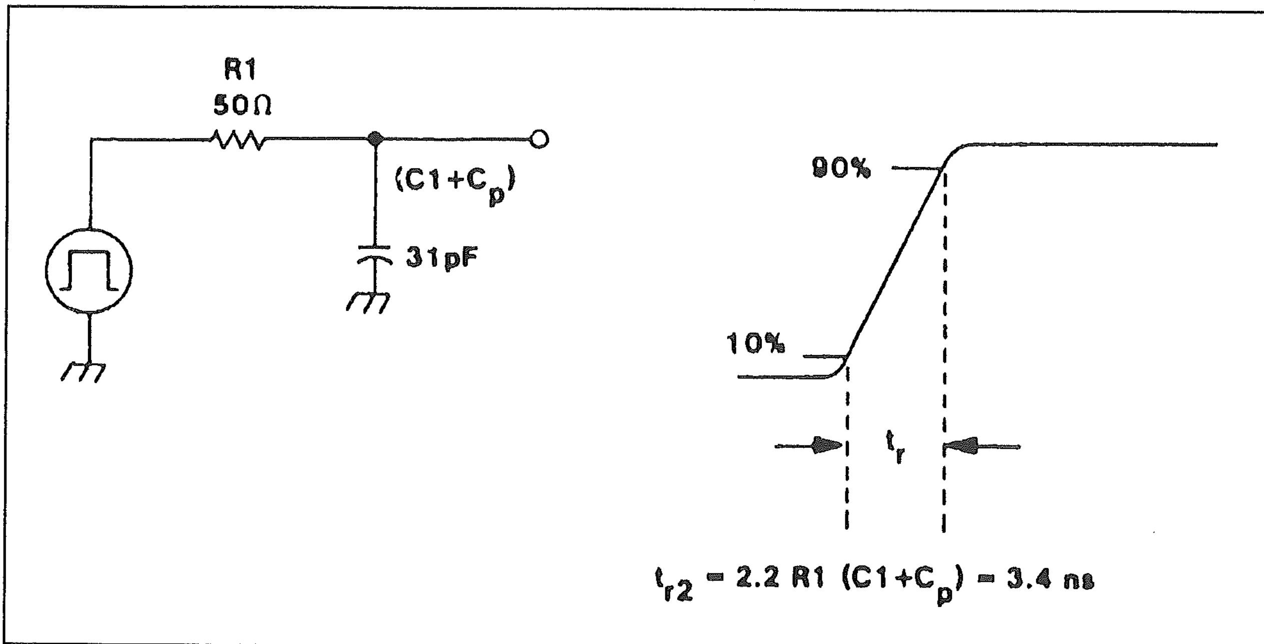
De minimale gevoeligheid van de gemiddelde oscilloscoop bedraagt 5 V/schaaleenheid (5 V/div). Uitgaande van een vertikale verdeling van het oscilloscoopscherm in 8 schaaleenheden kan met een rechtstreekse koppeling een signaal van maximaal 40 $V_{top\text{-}tot\text{-}top}$ worden bekeken. Met de standaard passieve 10x-probe kan een signaal van 400 $V_{top\text{-}tot\text{-}top}$ nog worden bekeken. Voortbordurend op deze redenering kan met een 100x-probe een signaal van 4 kV worden bestudeerd. De meeste 100x-probes zijn echter slechts geschikt voor maximaal 1,5 kV, omdat de vermogensdissipatie in de probe anders te groot wordt.

## De specificaties van oscilloscoop-probes

De meeste gebruikers kijken het eerst naar de specificatie van de bandbreedte, maar ook diverse andere eigenschappen zijn van belang om te kunnen bepalen welke probe het beste is voor een bepaalde toepassing. De belasting van de te testen schakeling, signaalafwijkingen, dynamisch bereik van de probe, afmetingen van de probe, omgevingsinvloeden en aardluseffecten zijn allemaal van belang bij het selecteren van een probe.
Probes beïnvloeden de metingen doordat ze de te testen schakeling belasten. Het belastingseffect wordt meestal aangegeven als de impedantie bij een bepaalde frequentie en bestaat uit een combinatie van weerstand en capaciteit.

## De bronimpedantie

De "bronimpedantie" is de inwendige impedantie van het punt waarop een probe wordt aangesloten. Het is duidelijk dat de bronimpedantie een grote invloed heeft op het netto effect van elke specifieke belasting door een probe.



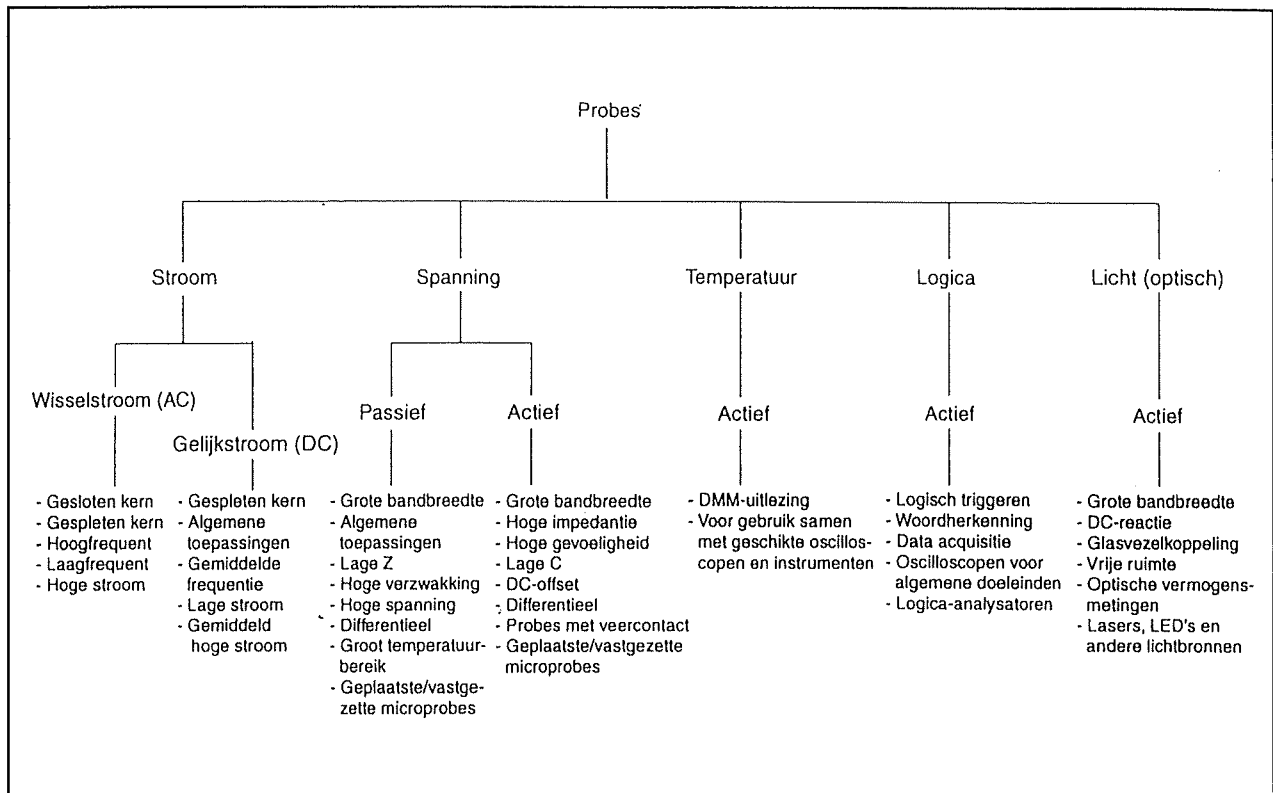

**Figuur 3/8.2.8-12:** De capacitieve belasting van een probe vormt, samen met de inwendige impedantie van het meetpunt, een laagdoorlaat filter dat de stijgtijd van de puls aantast.

Een testpunt met een inwendige impedantie die bijna gelijk aan nul is, zal bijvoorbeeld door het toepassen van een gangbare passieve 10x-probe niet noemenswaardig worden beïnvloed voor wat betreft de amplitude of de stijgtijd. Wordt dezelfde probe echter aangesloten op een testpunt met een hoge impedantie, zoals de collector van een transistor, dan kan het signaal worden beïnvloed voor wat betreft de stijgtijd en de amplitude.

**De capacitieve belasting van de probe**

Iedere probe vormt een extra capacitieve belasting voor het meetpunt. Om dit effect te illustreren wordt als voorbeeld een impulsgenerator met een zeer snelle stijgtijd genomen. Stel dat de initiële stijgtijd gelijk is aan nul ($t_r = 0$), dan zal het uitgangssignaal $t_r$ van de generator worden begrensd door de hiermee verbonden uitgangsweerstand van de generator en de capacitieve belasting door de ingang van de oscilloscoop. Dit integratienetwerk levert een uitgangsstijgtijd die overeenkomt met 2,2 * R * C. Deze begrenzing wordt afgeleid van de universele tijdconstantekromme van een condensator. Op geen enkel moment kan de stijgtijd kleiner worden dan 2,2 * R * C. Wordt een gangbare probe gebruikt om dit signaal te meten, dan worden de gespecificeerde ingangscapaciteit en weerstand van de probe toegevoegd aan de schakeling.
Omdat de 10 MΩ weerstand van de probe vele malen groter is dan de 50 Ω uitgangsweerstand van de generator kan deze worden verwaarloosd. Stel dat de capaciteit van de scope-ingang 20 pF bedraagt en de capacitieve belasting van de probe 11 pF. In figuur 3/8.2.8-12 is de equivalente schakeling van de generator, de probe en de oscilloscoop te zien, waarbij opnieuw de 2,2 * R * C formule van toepassing is. De actuele stijgtijd is vergroot van 2,2 tot 3,4 ns.

## 8.2 Meetapparatuur




**Figuur 3/8.2.8-13:** Een overzicht van de door Tektronix leverbare probes voor oscilloscopen.

Een andere methode om het effect van de capaciteit van de tip van de probe op de bron te bepalen gaat als volgt: neem de verhouding van de capaciteit van de tip van de probe (aangegeven op de compensatie-eenheid van de probe) ten opzichte van de bekende capacitieve belasting van de oscilloscoop. Gebruik makend van dezelfde waarden volgt dan:

Stijgtijd-stijging = $(C_{probe}/C_{scope}) \times 100$
$= (11\ pF/20\ pF) \times 100$
$= 55\ \%$

Elke toegevoegde capaciteit vermindert de stijgtijd van de bron wanneer er een passieve probe met een hoge impedantie wordt toegepast. In het algemeen geldt dat hoe groter de verzwakkingsfactor is, hoe lager de capaciteit van de tip.

**Soorten probes**

Een oscilloscoop-fabrikant als Tektronix ontwerpt en produceert meer dan 150 verschillende probes. Wat is de handigste manier om al deze soorten logisch in te delen?

De eerste en eenvoudigste methode is classificatie naar toepassing. Bijvoorbeeld, is een specifieke probe geschikt voor het meten van spanning of stroom? In figuur 3/8.2.8-13 is op basis van deze methode een overzicht van verschillende soorten probes opgenomen. Natuurlijk zal de doe-het-zelver geen behoefte hebben aan een hele verzameling oscilloscoop-probes. De voornaamste typen die voor deze typische gebruiker/ster, die alleen geïnteresseerd is in het zichtbaar maken

van spanningen op het scherm, in aanmerking komen zijn:
- passieve "low-Z"-probes;
- passieve 1x probes;
- passieve 10x probes;
- actieve probes;
- probes voor het meten van verschilspanningen.

**Passief, actief of "low-Z"?**
De twee hoofdtypen voor het meten van spanning, de actieve en de passieve probe, verschillen van elkaar voor wat betreft de interne schakeling en de manier van werken. Passieve spanningsprobes zijn opgebouwd uit passieve componenten: weerstanden, condensatoren en spoelen. De belangrijkste eigenschappen zijn:
- robuuste uitvoering;
- relatief goedkoop;
- groot dynamisch bereik en dus minder gevoelig voor elektrische beschadiging;
- eenvoudige uitvoering en dus gemakkelijk te gebruiken en af te regelen;
- snelle stijgtijd.

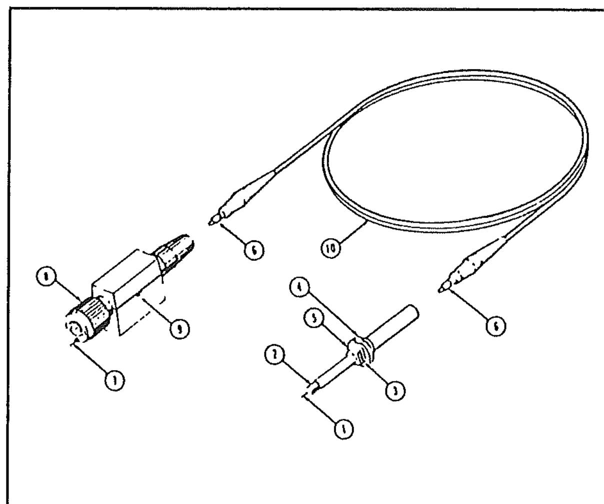
De belangrijkste beperking van passieve spanningsprobes is dat ze een lagere ingangsimpedantie krijgen naarmate de frequentie van het ingangssignaal toeneemt. Met het toevoegen van verzwakking aan de probe neemt de impedantie toe, maar wordt het weergegeven signaalniveau gereduceerd.
Passieve spanningsprobes kunnen weer worden onderverdeeld naar de mate van signaalverzwakking:
- 1x
  geen verzwakking
- 10x
  10/1 verzwakking van probe-ingang naar probe-uitgang in combinatie met de weerstand van de oscilloscoop
- 100x
  100/1 verzwakking
- 1000x
  1000/1 verzwakking

Verzwakking op zich is noch een goede, noch een slechte eigenschap. Zo zijn probes met een grote verzwakking zeer bruikbaar voor het meten van hoogspanningssignalen waarbij ze de ingangsschakeling van de oscilloscoop beveiligen. Aan de andere kant kan een probe met een grote verzwakking een laagspanningssignaal zodanig verzwakken dat het niet meer kan worden gemeten.
Speciaal voor het meten van zeer hoogfrequente signalen zijn er passieve probes met een lage impedantie (low-Z) ontwikkeld. Het grote voordeel van deze probes (ook wel "laag-capacitief" genoemd) is de consistente en voorspelbare belasting over een groot frequentiebereik. Wanneer de impedantie van de probe is aangepast aan de 50 Ω ingang van oscilloscopen met een grote bandbreedte, kunnen ontwerpers van probes gebruik maken van de transmissielijn benadering bij het ontwerpen van de probe-afsluiting en de kabel. Dit ontwerp rekent af met de effecten van de kabelcapaciteit, zodat langere kabels kunnen worden gebruikt bij een bandbreedte tot 3,5 GHz.

**Algemene samenstelling van een oscilloscoop-probe**
In figuur 3/8.2.8-14 zijn alle onderdelen van een oscilloscoop-probe afgebeeld en afzonderlijk benoemd:
- 1:
  een "tip" met lage inductantie om oscillatie-verschijnselen te verhinderen;
- 2:
  de aardingsring;
- 3:
  een afgedekt aansluitingspunt voor de aardingsdraad;
- 4:

een aarde-referentie knop (niet op alle probes aanwezig);
- 5:
  de vingerbescherming om de vingers weg te houden van de te testen schakeling;
- 6:
  aansluiting van de probe op de kabel;
- 7:
  een codeer-stift, die de gevoeligheid van de oscilloscoop automatisch met een factor 10 omschakelt bij gebruik van een 10x probe (alleen aanwezig bij de probes die bij moderne processorgestuurde oscilloscopen worden geleverd);
- 8:
  de BNC-connector voor het aansluiten van de kabel op de ingang van de oscilloscoop;
- 9:
  de compensatie-eenheid voor het afregelen van de probe;
- 10:
  de afgeschermde kabel met een zeer lage eigen capaciteit.

**Passieve "low-Z"-probes**
Een passieve probe met lage impedantie (low-Z) heeft een zeer lage capaciteit van de tip, maar als gevolg hiervan wel een zeer hoge resistieve belasting. Een gangbare 10x-probe met een ingangsimpedantie van 50 Ω heeft een ingangscapaciteit van ongeveer 1 pF en een resistieve belasting van 500 Ω. De schakeling van dit type probe is weergegeven in figuur 3/8.2.8-15. Deze configuratie toont een hoogfrequente 10x spanningsdeler omdat volgens de theorie vàn de transmissielijn het enige dat de tipweerstand van 450 Ω "ziet" als hij in de kabel kijkt, een zuivere 50 Ω weerstand is en geen C- of L-component. Er is geen laagfrequente compensatie nodig, omdat het geen capacitieve deler betreft. Probes met een lage impedantie hebben doorgaans een grote bandbreedte (tot 3,5 GHz en stijgtijden tot 100 ps) en zijn het meest geschikt voor het meten van stijgtijden en overgangstijden. Ze kunnen de impulsamplitude echter beïnvloeden door middel van de eenvoudige weerstandsdeler tussen de bron en de belasting (probe). Met het oog op de resistieve belastingseffecten kan dit type probe het best worden toegepast voor het testen van schakelingen met een impedantie van 50 Ω of lager. Deze probes werken alleen met oscilloscoopingangen die een impedantie van 50 Ω hebben. Ze worden meestal toegepast in combinatie met snelle (500 MHz tot 1 GHz) real-time oscilloscopen of voor oscilloscopen die gebruik maken van het bemonsteringsprincipe.

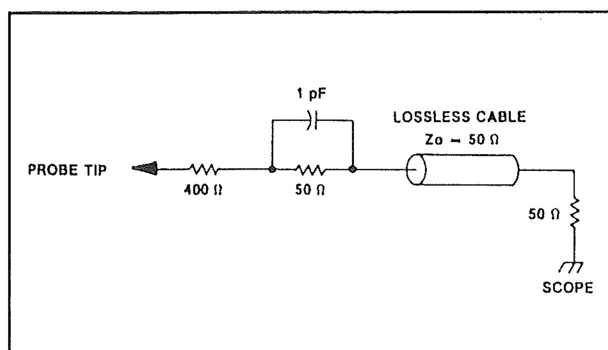


Figuur 3/8.2.8-14: De samenstelling van een oscilloscoop-probe.

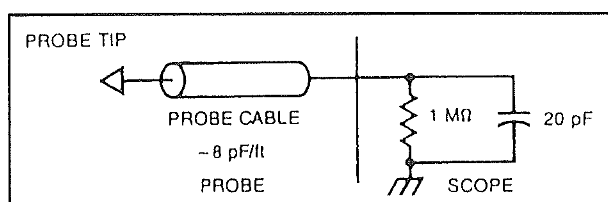
**Bias/offset "low-Z"-probes**
Een bias/offset-probe is een speciale uitvoering van een probe met een lage impedantie. Deze probe kan voorzien in een variabele bias- of offset-spanning op de tip van de probe. Bias/offset-probes zijn ge-

schikt voor het testen van zeer snelle ECL-schakelingen waarbij resistieve belasting het werkpunt kan verstoren.

**Passieve 1x probes**
De passieve probe met een versterking van 1x is opgebouwd volgens het schema van figuur 3/8.2.8-16. De probe bestaat uit de probe-tip in de probe-behuizing en stuurt het signaal op de tip rechtstreeks via de afgeschermde kabel naar de ingang van de oscilloscoop.




**Figuur 3/8.2.8-15:** Het schema van een "low-Z"-probe.




**Figuur 3/8.2.8-16:** Het schema van een passieve probe met een 1x versterking.

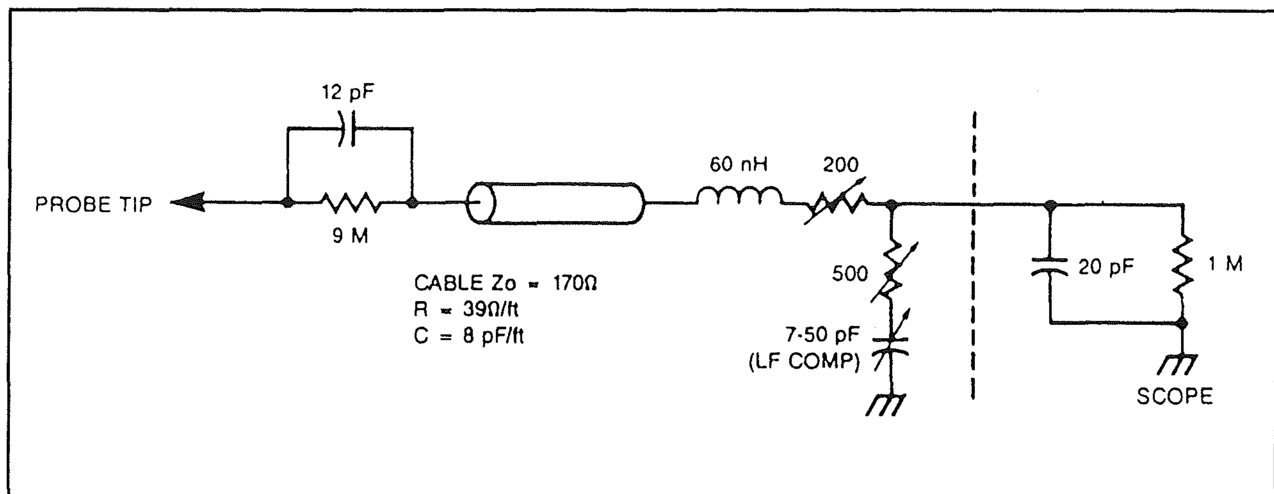
In feite doen dergelijke probes erg weinig aan het verhelpen van de problemen die in de inleiding van dit hoofdstuk werden genoemd. Alleen de afscherming tegen externe magnetische en elektrische velden is gegarandeerd, maar de probe belast de te testen schakeling nog steeds op een alles behalve ideale manier. Dergelijke probes worden dan ook alleen gebruikt bij de allergoedkoopste oscilloscopen met een beperkte bandbreedte.

**Passieve 10x probes**
Deze probes worden het meest toegepast en iedere oscilloscoop van de betere klasse is er mee uitgerust. Het schema van een dergelijke probe is weergegeven in figuur 3/8.2.8-17. Voornaamste eigenschap van dergelijke probes is dat, zo dicht mogelijk bij de probe-tip, een nauwkeurige weerstand van exact 9 MΩ is gemonteerd. Deze weerstand vormt, samen met de gestandaardiseerde ingangsweerstand van 1 MΩ van de oscilloscoop, een spanningsdeler met een verzwakking van exact tien. Over de weerstand staat een kleine condensator, die de verzwakker compenseert. Aan de uitgang van de kabel is een klein doosje aanwezig, waarin een paar componenten zitten waarmee men de probe kan afregelen.
Het grote voordeel van de grote weerstand achter de tip is dat de capacitieve belasting van de kabel en oscilloscoop nu niet rechtstreeks "gezien" wordt door het punt waarop gemeten wordt. Hierdoor zal de capacitieve belasting van het meetpunt aanzienlijk gereduceerd worden. Bovendien kan men met de serie-weerstand en de parallel-capaciteit in het doosje de combinatie probe + kabel + oscilloscoop optimaal op elkaar afregelen, waardoor het meetinstrument zo goed als ideale eigenschappen verkrijgt.

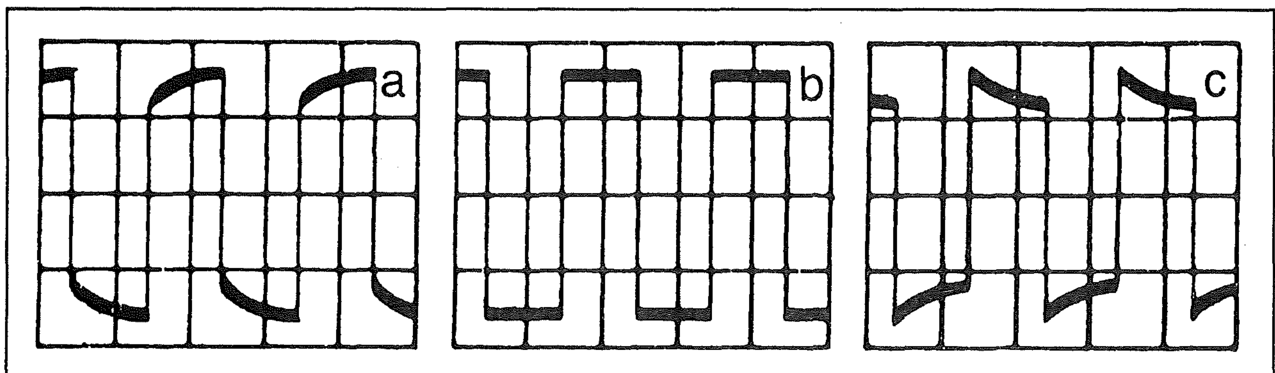
**Afregelen van de 10x probe**
Iedere 10x probe moet afgeregeld worden op de oscilloscoop waarop zij is aangesloten. Iedere oscilloscoop heeft dan ook een "Probe-calibration"-uitgang, waarop een zeer fraaie blokgolf ter beschikking staat.

*(wordt vervolgd)*

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.8-17:** Het intern schema van een passieve 10x probe.

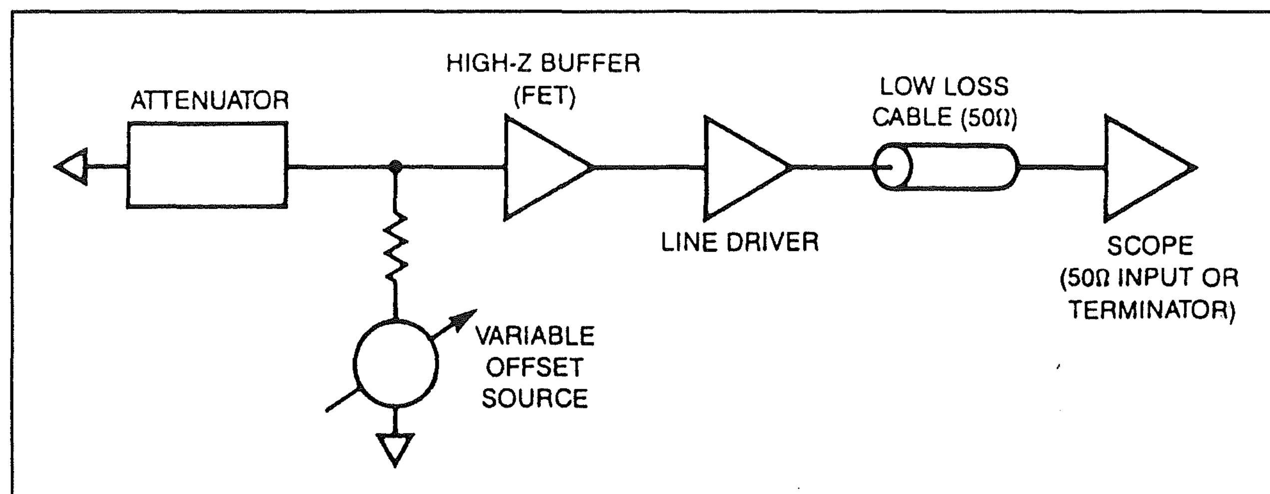



**Figuur 3/8.2.8-18:** Het afregelen van een 10x passieve probe.

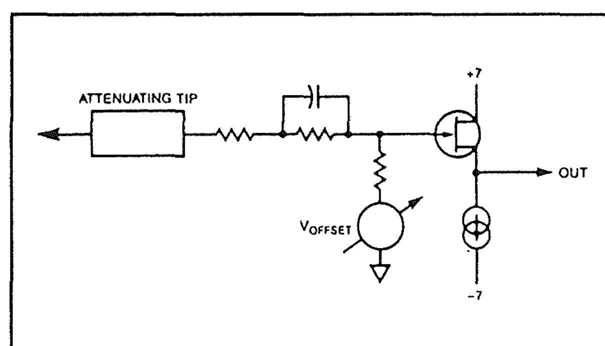
Men zet de probe-tip op deze uitgang en observeert het beeld op het scherm. De een of twee afregelschroefjes moet(en) nu zo afgeregeld worden dat de blokgolf op het scherm ideaal is. Een en ander wordt toegelicht aan de hand van de oscillogrammen in figuur 3/8.2.8-18.
Oscillogram (b) is het ideale. Bij (a) spreekt men van een ondergecompenseerde probe. De waarde van de regelbare condensator in de probe is te hoog ingesteld, waardoor hoogfrequente aandelen van het signaal te veel verzwakt worden. Bij (c) spreekt men van een overgecompenseerde probe. De condensatorwaarde is te klein, waardoor de HF-componenten in het signaal te veel versterkt worden.

**De actieve probe**
Uit het voorafgaande kan worden afgeleid dat een geheel neutrale probe niet bestaat. Er bestaat echter een type probe dat daar dicht bij in de buurt komt: de actieve probe. In het algemeen kent dit type probe een lage resistieve belasting (10 MΩ) met een zeer lage capacitieve belasting (1 tot 2 pF). Daar staat tegenover dat het dynamische bereik beperkt is. Toch vormen actieve probes onder de juiste omstandigheden de beste keus. In de figuren 3/8.2.8-19 en -20 zijn het blokschema en een mogelijke praktische schakeling van een actieve probe getekend.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.8-19:** Het blokschema van een actieve probe.




**Figuur 3/8.2.8-20:** Een praktische schakeling van een actieve probe.

Nadeel van actieve probes is dat zij gevoed moeten worden, hetzij uit een batterij, hetzij uit een speciale voedingsaansluiting op de oscilloscoop.

### Probes voor het meten van verschilspanningen

Signalen zonder referentie naar aarde, zoals de spanningsval over een collectorweerstand of het stuursignaal van een poort in een driefasige schakelende voeding, vereisen bepaalde technieken voor het meten van verschilspanningen teneinde het signaal uit de omringende ongewenste informatie te kunnen filteren. Deze ongewenste informatie kan worden veroorzaakt door de voedingsspanning (spanningsniveau waarop het te meten signaal zich bevindt) of door de netfrequente signalen die in schakelende voedingen voorkomen. Verschilspanningsversterkers (differentiële versterkers) meten alleen de verschilsignalen tussen twee punten en onderdrukken het ongewenste common mode signaal (het zogenaamde common mode signaal is een signaal dat zich op de beide testpunten bevindt). Om te zorgen voor een optimale onderdrukking van common mode signalen (common mode rejection ratio: CMRR) die aan de differentiële versterkers van een oscilloscoop worden toegevoerd, is het noodzakelijk om een van de volgende methoden toe te passen:

- rechtstreekse verbindingen;
- het gebruik van speciaal ontwikkelde differentiële probeparen;
- enkelvoudige differentiële probes (probes die verschilspanningssignalen in de probe zelf verwerken).

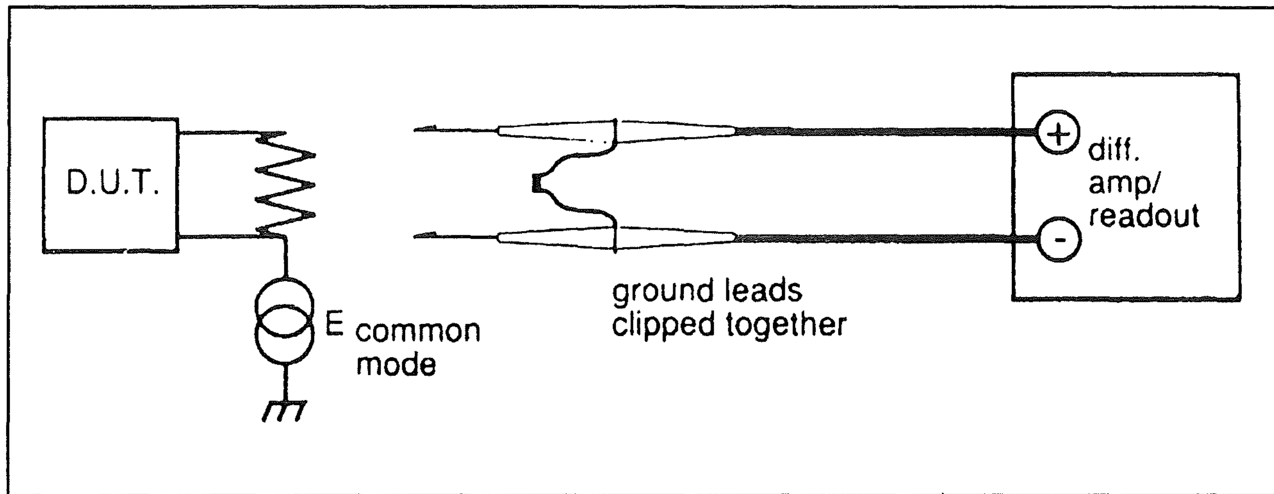
Rechtstreekse verbindingen belasten de te testen schakeling en daarom zijn probes zoals de Tektronix P6055, die per twee worden gebruikt, aangepast qua lengte (voor gelijke doorvoertijden), qua belas-

ting en qua verzwakking (de verzwakking is over een bereik van +/-1 % instelbaar voor een maximale CMRR). Een differentiële probe (een probe met twee ingangen zoals de Tektronix P6046) zorgt voor een maximale CMRR bij hoge frequenties.
In het algemeen dienen verschilspanningsmetingen te worden uitgevoerd zonder gebruik te maken van de probe aarddraden op signaalverbindingen (probeparen). De aarddraden dienen aan elkaar te worden geklikt of helemaal te worden verwijderd om ongewenst contact met omringende schakelingen te voorkomen, zie figuur 3/8.2.8-21.

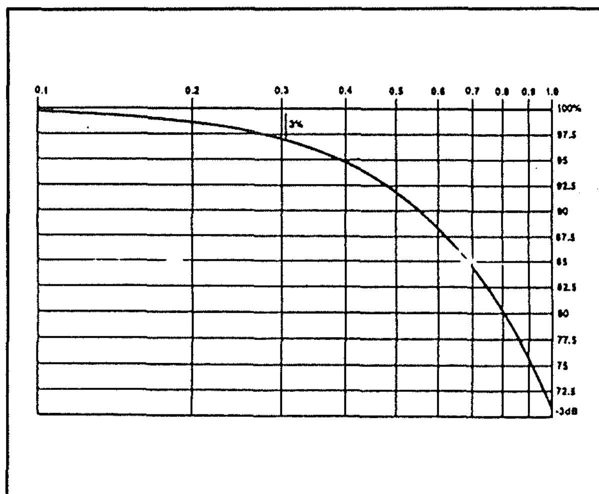
**De meet-bandbreedte en oscilloscoop-probes**

Door het inschakelen van probes kan er een invloed ontstaan op de bandbreedte van het meetsysteem. De bandbreedte is het punt op een amplitude-frequentie kromme waarop de gemeten waarde 3 dB lager ligt ten opzichte van het referentieniveau. De vertikale versterkers van een oscilloscoop hebben uiteraard een verzwakking aan het eind van de frequentieband. Het verband tussen de stijgtijd en de bandbreedte kan bij benadering door de onderstaande formule worden uitgedrukt:
stijgtijd = 0,35/bandbreedte
Voor het gemak kan ook worden gesteld:
Stijgtijd (ns) = 350/bandbreedte (MHz)
Merk op dat de meetwaarde op de gespecificeerde bandbreedte-grens -3 dB (30 %) lager ligt qua amplitude! Een daling van 3 dB mag dan niet hoorbaar zijn in geluid, maar een daling met 30 % van de amplitude van een signaal is maar al te goed zichtbaar op het scherm van een oscilloscoop! In figuur 3/8.2.8-22 is een gedeelte van het -3 dB gebied uitvergroot. De horizontale schaal geeft de afname van de ingangsfrequentie weer, die noodzakelijk is om nauwkeurigheden te verkrijgen die beter zijn dan 30 % voor een specifieke bandbreedte van een oscilloscoop. Een "100 MHz" oscilloscoop zal bijvoorbeeld een amplitudefout van 30 % vertonen bij een meting van een 100 MHz sinussignaal. Wanneer deze oscilloscoop een amplitude-nauwkeurigheid moet hebben die beter is dan 3 %, moet de ingangsfrequentie worden beperkt tot ongeveer 30 MHz (100 MHz/3, lees deze waarde af uit de grafiek).
Voor het uitvoeren van amplitudemetingen binnen 3 % bij een gespecificeerde frequentie geldt als vuistregel dat een oscilloscoop moet worden gekozen met tenminste vier maal de gespecificeerde bandbreedte. Probes hebben, net zoals oscilloscopen, een bandbreedte die wordt aangegeven als het -3 dB punt in de doorlaatkarakteristiek. Door het toepassen van een probe zal dus de totale bandbreedte van het meetsysteem gaan dalen. Ook de stijgtijd van het systeem wordt aangetast. De totale stijgtijd wordt gelijk aan de vierkantswortel uit de som van de kwadraten van de afzonderlijke stijgtijden:
$t_{totaal} = \sqrt{(t_{scope}^2 + t_{probe}^2)}$
Over het algemeen levert een "100 MHz"-probe 100 MHz prestaties (-3 dB) wanneer deze in combinatie met een overeenkomstige 100 MHz oscilloscoop wordt toegepast. Dit resulteert in de volledige oscilloscoop-bandbreedte aan de tip van de probe. Helaas kunnen niet alle probe/oscilloscoop-combinaties voldoen aan deze algemene regel. Voor oscilloscopen voor algemeen gebruik, waarbij de probes standaard worden meegeleverd, geldt over het algemeen dat de door de fabrikant beloofde bandbreedte van de oscilloscoop daadwerkelijk aan de tip van de probe beschikbaar is.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.8-21:** Het meten met een differentiële probe-set.




**Figuur 3/8.2.8-22:** Uit deze grafiek kan men aflezen met welke factor de frequentie moet worden verminderd (horizontale as) om een bepaalde maximale onnauwkeurigheid in de amplitude te garanderen (vertikale as).

## De probe-massa

Voor elke meting geldt dat er op de een of andere manier een retourweg naar aarde (massa) nodig is om een standaard tweedraads verbinding naar de te testen schakeling te maken.

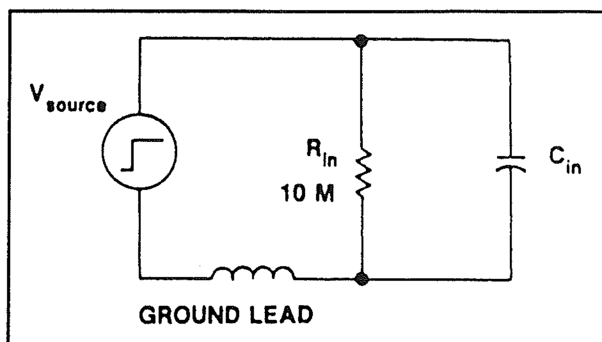
Vandaar dat een probe is voorzien van een massadraad. De massadraad is een draad die voorziet in een plaatselijke retourleiding naar de massa bij het meten van een signaal. Een onjuiste draad (een te lange draad of een draad met een te hoge inductantie) kan de zuiverheid van het hoogfrequente deel van het afgebeelde signaal verminderen.

Bij het uitvoeren van absolute metingen, zoals amplitude, stijgtijd of tijdvertragingen, moet de kortst mogelijke massaverbinding worden gekozen, rekening houdend met de noodzaak om de probe afwisselend op verschillende belendende testpunten te kunnen plaatsen.

In figuur 3/8.2.8-23 is een voorbeeldschakeling weergegeven van een gangbare passieve probe die is aangesloten op een bron. De L en C van de massadraad vormen een seriële resonantiekring met slechts 10 MΩ voor de demping. Bij het toevoeren van een impuls zullen er oscillaties optreden.

Daarnaast zal een te grote L in de aarddraad de stroomveranderingen naar C begrenzen en dientengevolge de stijgtijd beperken.

**8.2 Meetapparatuur**

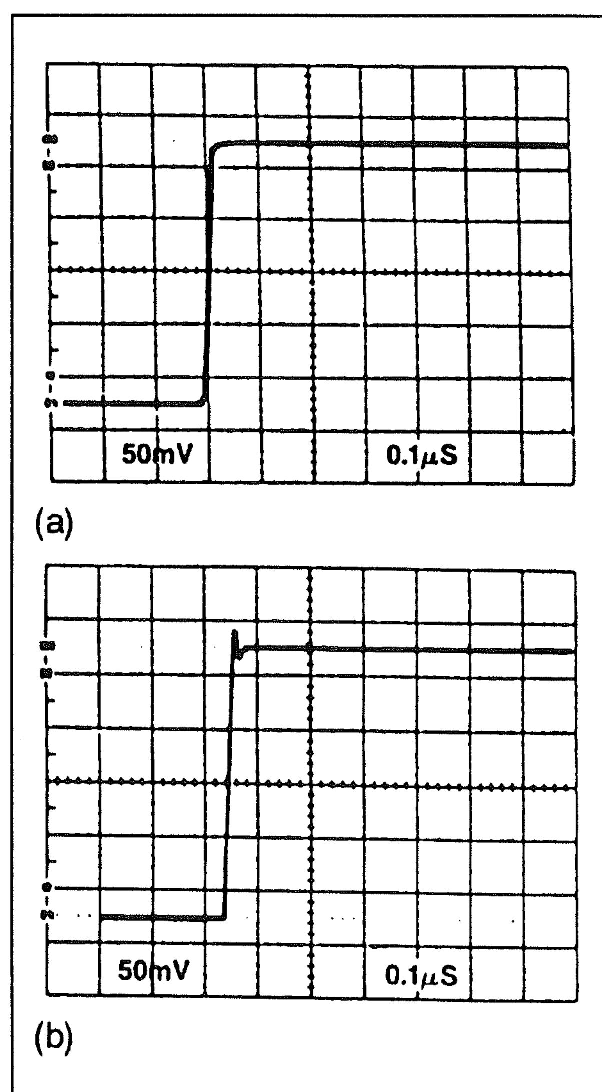



**Figuur 3/8.2.8-23:** De massadraaad van de probe introduceert capaciteiten en inductanties in de verbinding tussen testpunt en oscilloscoop.

Zonder in te gaan op de wiskundige achtergronden geldt dat een passieve probe van 11 pF met een 15 cm lange massadraad zal gaan oscilleren bij ongeveer 140 MHz wanneer er een snelle impuls wordt toegevoerd. Naarmate de oscillatiefrequentie toeneemt, heeft deze de neiging om buiten de doorlaatband van de oscilloscoop te vallen, waardoor de frequentie in verregaande mate wordt verzwakt. Om de oscillatiefrequentie te verhogen is het raadzaam om de kortst mogelijke massadraad te nemen, in combinatie met een probe met de laagst mogelijke ingangscapaciteit.

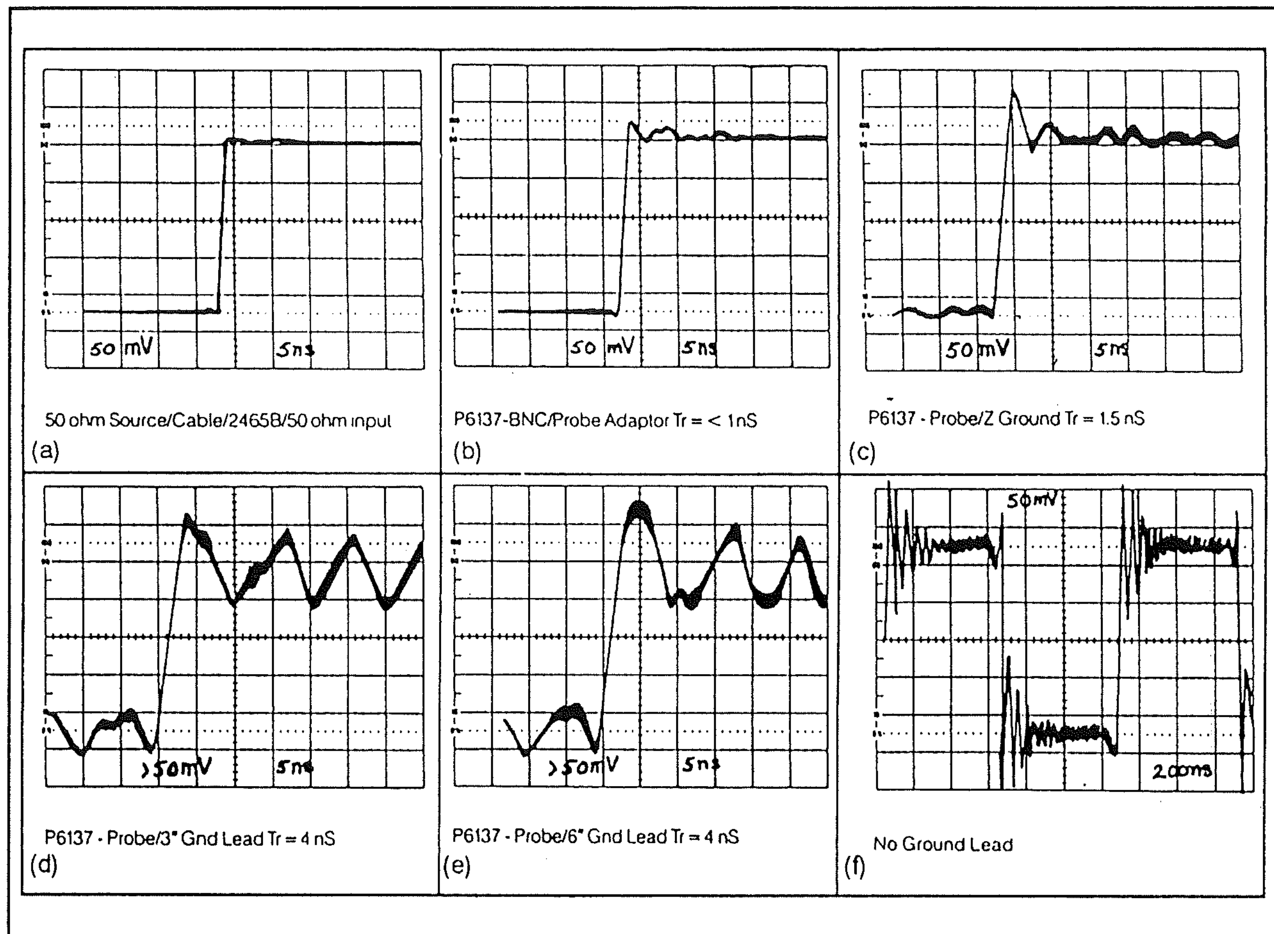
### Het effect van probe-massa's

Het effect van onjuiste aardingsmethoden kan op diverse manieren worden aangetoond. In figuur 3/8.2.8-24 is het effect aangegeven van een 30 cm lange massadraad, toegepast in combinatie met oscilloscopen met een verschillende bandbreedten. Uit oscillogram (a) kan worden afgeleid dat het plaatje er op een oscilloscoop van 15 MHz goed uitziet, omdat de oscillatiebestanddelen buiten de doorlaatband van het instrument vallen en grotendeels worden onderdrukt. In oscillogram (b) is weergegeven hoe hetzelfde signaal er uitziet op een 100 MHz oscilloscoop. Zelfs met de kortst mogelijke massadraad kan de probe-testpunt in principe gaan oscilleren. Het risico van oscilleren hangt samen met de snelheid van de puls aan de ingang.




**Figuur 3/8.2.8-24:** De invloed van de massadraad van de probe op het weergegeven signaal, in functie van de bandbreedte van de toegepaste oscilloscoop.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.8-25:** De invloed van de lengte van de aarddraad op het weergegeven signaal.

In figuur 3/8.2.8-25 wordt het effect van verschillende aardingsmethoden en draadlengten getoond bij het weergeven van een zeer snelle impuls. In oscillogram (a) is de ingangsimpuls onder optimale condities te zien, gebruik makend van een coaxiale kabel van 50 Ω. De oscilloscoop is een Tektronix 2465B met een kabel van 50 Ω en aangesloten op een bron van 50 Ω. De weergegeven stijgtijd is 1 ns. In oscillogram (b) is hetzelfde signaal te zien met gebruikmaking van de oscilloscoop-probe combinatie onder optimale condities. Een BNC-naar-probe-adapter of een in-circuit-testplug voorziet in een coaxiale aarde die de aardring van de probe omsluit. Dit systeem levert de kortst mogelijke aardverbinding van de probe op. De weergegeven stijgtijd bedraagt nog steeds 1 ns. In de oscillogrammen (c), (d) en (e) is het effect te zien van steeds langer wordende massadraden. Het laatste oscillogram (f), tenslotte, geeft weer wat het effect is als men geen rechtstreekse massaverbinding maakt tussen de pulsgenerator en de oscilloscoop.

**De coaxiale kabel van de probe**

De coaxiale kabel koppelt het uitgangssignaal van de meetkop aan de afsluiting. Het soort kabel is afhankelijk van het type probe.

**8.2 Meetapparatuur**

Een unieke eigenschap van de meeste Tektronix-probes is dat de coaxiale kabel een centrale geleider van weerstandsdraad bevat. Deze gedistribueerde weerstand onderdrukt oscillaties die worden veroorzaakt door verkeerde aanpassingen van de impedantie tussen de kabel en diens afsluitingen voor het geval dat er snelle impulsen op breedbandige oscilloscopen worden bekeken.

**De afsluiting van de probe**

De afsluiting heeft twee functies:
- het afsluiten van de kabel met zijn karakteristieke impedantie;
- het afstemmen op de ingangsimpedantie van de oscilloscoop.

De afsluiting kan zowel een passieve als een actieve schakeling zijn.

## 8.2 Meetapparatuur

# 3/8.2.9

# Principes en toepassingen van ruisgeneratoren

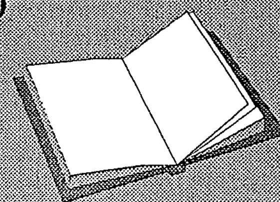
## Ruis

**Nuttige ruis**
Het lijkt in eerste instantie misschien een beetje vreemd een hoofdstuk te publiceren over generatoren die ruis genereren. Ruis, immers, is een verschijnsel dat men in de meeste gevallen liever kwijt dan rijk is. Ruis in audio- en video-reproductie is een zeer vervelend verschijnsel en het is zelfs uitermate moeilijk om ruis uit muziek of beeld te verwijderen. Ook in de digitale technieken kan men last hebben van digitale ruis, zeker als de frequenties waarmee de schakelingen werken boven 100 MHz liggen. Men moet dan soms heel speciale printconstructies gaan toepassen om geen last te hebben van digitale ruis.
Toch kan ruis een heel nuttig verschijnsel zijn, waarvan de toepassingen te vinden zijn in de acoustiek, de audio-reproductie, de muziekelektronica en de hoogfrequent techniek. Met breedbandige ruis kan men bijvoorbeeld heel snel de frequentiekarakteristiek van een filter opmeten. Aan die nuttige ruis wordt dan wel een aantal eisen gesteld, zoals een goede kennis van de frequentiesamenstelling van het verschijnsel.

**Ruisgeneratoren**
Een ruisgenerator kan een zeer nuttige uitbreiding zijn van het hobby laboratorium. Bovendien is een ruisgenerator vrij eenvoudig zélf te bouwen, hetgeen tegenwoordig iets is dat niet van erg veel meetapparaten gezegd kan worden! In dit hoofdstuk worden de methoden behandeld die gebruikt kunnen worden voor het genereren van nuttige ruissignalen en worden tal van uitgewerkte nabouwschakelingen, verzameld uit de internationale elektronica-pers, in het kort besproken.

**Wat is ruis?**
Ruis is een volledig statistisch verschijnsel. Dit wil zeggen dat het absoluut onmogelijk is om te voorspellen hoe groot een ruissignaal op een bepaald moment zal zijn. Ruis wordt namelijk voornamelijk opgewekt door niet te voorspellen bewegingen van de elektronen in atomen. Atomen trillen onder invloed van hun temperatuur. Door dit trillen zullen atomen met elkaar in botsing komen. Als de botsingsenergie groot genoeg is zullen sommige

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/6.3.2.4
Hoofdstuk 3/6.10
Hoofdstuk 3/8.2.10
Hoofdstuk 4/2.7



atomen een of meerdere elektronen kwijt raken. Omdat zo'n incompleet atoom in een niet-stabiele toestand verkeert, zullen de losgeslagen elektronen zo spoedig mogelijk hun plaats in het atoom weer opzoeken. Maar voor het zover is vertegenwoordigen zij een vrije elektrische negatieve lading. Die lading uit zich onder de vorm van potentiaalverschillen, die weer de basis zijn van zeer kleine spanningen. Omdat het absoluut onmogelijk is te voorspellen wanneer een atoom een elektron verliest en wanneer dat elektron weer de veilige haven van het atoom opzoekt, is dus ook de grootte van het ruissignaal niet te berekenen. Het enige dat men met stelligheid kan beweren is dat deze elektronen bepaalde bewegingen maken, maar hoe en wanneer is niet te voorspellen.

**Statistiek komt ter hulp**

Wel kan men, dank zij de wetten van de statistische rekenleer, de globale eigenschappen van ruis op lange termijn beschrijven. Als men bijvoorbeeld een bepaald ruissignaal gedurende een zeer lange tijd met een frequentie-analysator bestudeert, dan kan men er zeker van zijn dat er een rechte lijn op het scherm verschijnt.
Men zegt dan dat een dergelijke ruis een ***"constante spectrale vermogensdistributie"*** heeft of, wat begrijpelijker uitgedrukt, dat alle frequenties in even sterke mate in het signaal aanwezig zijn.

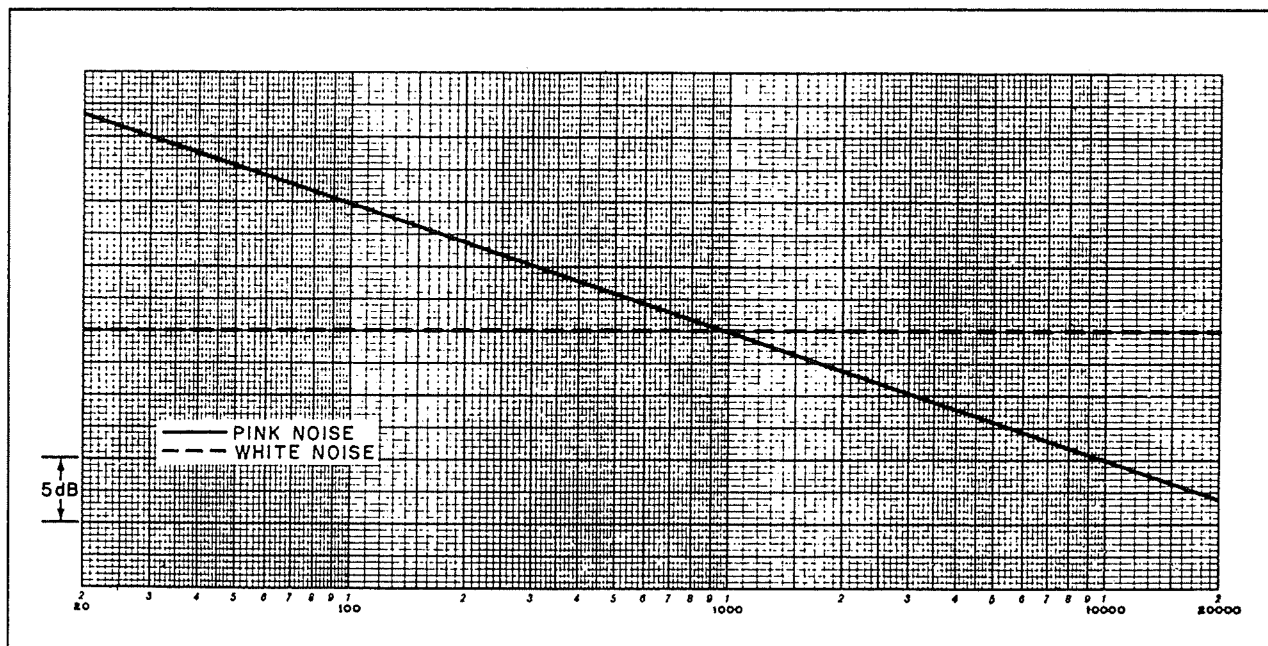
**Witte ruis**

Een ruissignaal dat een constante spectrale vermogensdistributie bezit noemt men ***witte ruis.*** Grafisch kan men de bandbreedte van witte ruis voorstellen door een horizontale lijn in een amplitude/frequentie-diagram, zie de gestippelde lijn in figuur 3/8.2.9-1. Een dergelijk signaal is uiteraard een ideaal hulpmiddel voor het bestuderen van de acoustische eigenschappen van allerlei systemen. Maakt men witte ruis door middel van een zeer goede versterker en een luidspreker met een zeer vlakke frequentiekarakteristiek hoorbaar in een zaal, dan kan men door dit geluid ergens in de zaal met een geijkte meetmicrofoon op te vangen en nadien dit signaal met een frequentie-analysator te ontleden, zeer veel acoustische eigenschappen van de zaal te weten komen. Zit er in het opgenomen frequentiespectrum bijvoorbeeld een dip bij 2,2 kHz, dan weet men dat er iets in de zaal aanwezig is dat deze frequentie absorbeert. Ook allerlei laagfrequent apparatuur kan op deze manier op een snelle manier doorgemeten worden. Voert men bijvoorbeeld een ruissignaal door een geluidsversterker, dan zal deze schakeling de in de ruis aanwezige frequenties volgens zijn eigen doorlaatkarakteristiek verzwakken of versterken. Het uitgangssignaal heeft dan een frequentie/amplitude-verdeling, die wordt bepaald door de karakteristieken van de versterker.
Naast deze meettechnische toepassingen kan men een witte ruis generator ook gebruiken bij experimenteren met geluidsopwekkende schakelingen. Ruis vormt een belangrijk bestanddeel van allerlei geluidseffecten, maar ook van de menselijke stem.

**Rose ruis**

Er zit echter een addertje onder het gras verscholen! Bij dit soort experimenten moet men het ontvangen ruissignaal ontleden in zijn frequentiesamenstelling. Men gebruikt een groot aantal smalbandige banddoorlaat filters om het ruissignaal te ontleden in kleine frequentiebandjes.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.9-1:** De frequentie/amplitude-karakteristieken van witte en rose ruis.

Het is echter zeer moeilijk banddoorlaat filters te ontwerpen met verschillende centrale frequenties, maar met allemaal dezelfde bandbreedte. Het soort filters dat het eenvoudigst kan worden ontworpen wordt gekenmerkt door een constante kwaliteitsfactor Q. Dit wil zeggen dat de bandbreedte stijgt met de centrale frequentie. Als men een wit ruissignaal analyseert door middel van een bank van constante Q-filters, dan zal men vaststellen dat het uitgangssignaal van de filters groter wordt als de centrale frequentie stijgt. Dat is in feite heel logisch, want hoe hoger de centrale frequentie van het filter, hoe breder de doorlaatband van het filter en hoe meer frequenties uit het ruissignaal worden doorgelaten! Zou men dus witte ruis via dergelijke filters analyseren, dan zou het lijken alsof de amplitude stijgt met de frequentie. Niet bepaald een goede basis voor het verrichten van metingen!

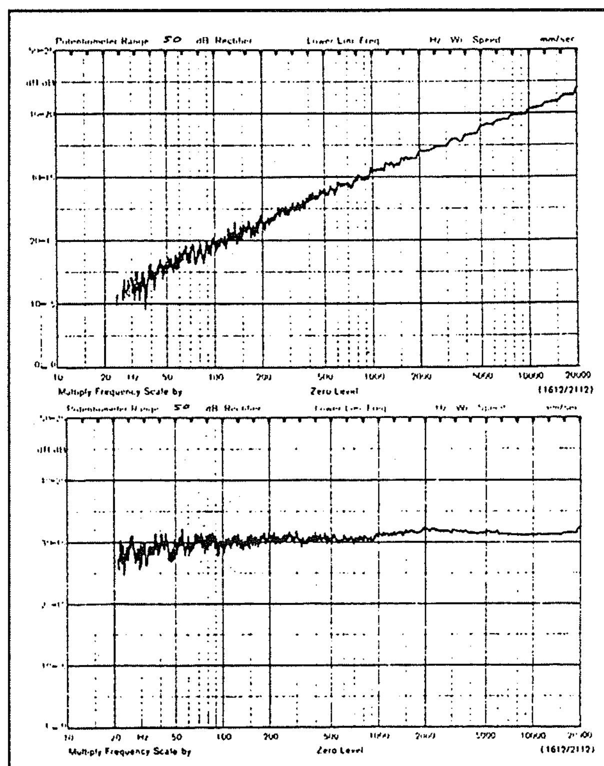
Men kan nu wiskundig berekenen dat een verdubbeling van de centrale frequentie een stijging van de uitgangsspanning met 3 dB tot gevolg heeft. De oplossing van dit schijnbaar onoplosbare probleem volgt dus uit deze eenvoudige wiskundige vaststelling. Men moet het witte ruissignaal door een laagdoorlaat filter sturen met een verzwakking van 3 dB per octaaf! Een octaaf komt immers overeen met de frequentieband tussen een bepaalde frequentie en het dubbele van deze frequentie. Het filter moet dus voor iedere frequentieverdubbeling een verzwakking van 3 dB veroorzaken. Witte ruis, gefilterd door een -3 dB per octaaf filter, noemt men ***rose ruis***.

De amplitude/frequentie-karakteristiek van rose ruis is ook getekend in figuur 3/8.2.9-1, met de volle lijn. Rose ruis bevat dus veel meer aandeel van lage frequenties dan van hoge frequenties.

Het normale geluidsspectrum van 20 Hz tot 20,480 kHz omvat 10 octaven en dus zal deze hoogste frequentie met 30 dB verzwakt ten opzichte van de laagste frequentie in de rose ruis aanwezig zijn.

## De praktijk

Hoe witte en rose ruis er in de praktijk uitzien als zij worden geanalyseerd door een frequentiespectrograaf toont figuur 3/8.2.9-2. In de bovenste grafiek is witte ruis getekend. Duidelijk blijkt hoe, door de stijgende bandbreedte van de filters, de amplitude lineair toeneemt met de frequentie. In de onderste grafiek is de frequentie-analyse van rose ruis getekend. De meetcurve verloopt praktisch lineair, omdat de meetfout die door de stijgende bandbreedte van de filters van de spectrograaf wordt geïntroduceerd door de eigen amplitudekarakteristiek van de ruis wordt gecompenseerd. Uit deze twee grafieken volgt duidelijk dat witte ruis niet geschikt is voor het verrichten van metingen, maar rose ruis wél.



**Figuur 3/8.2.9-2:** Praktische spectrumanalyse van witte ruis (boven) en rose ruis (onder).

## Genereren van ruis

Ruis kan op diverse manieren kunstmatig worden opgewekt. Te denken valt aan:

- een zenerdiode;
- de basis-emitter overgang van een transistor;
- een operationele versterker.

De meest betrouwbare methode is echter uit te gaan van een digitaal schuifregister met een specifieke sturing van de data-ingang. Er ontstaat dan een schakeling die ***pseudo-random bit sequence generator*** wordt genoemd (PRBS-generator). Uit het digitaal uitgangssignaal van een dergelijk schuifregister kan via filtering zowel witte als rose ruis worden afgeleid.

## Pseudo random contra random

Schakelingen met als basis een zenerdiode, transistor of operationele versterker wekken zogenoemde random noise op. Hierin zullen alle frequenties in de loop der tijd in gelijke amplitude opdagen, maar er is weinig te zeggen over de tijdsduur die er verstrijkt alvorens bijvoorbeeld alle frequenties tussen 20 Hz en 20 kHz in even grote mate gegenereerd zijn. Het signaal is op korte termijn immers volstrekt onvoorspelbaar. Wil men een dergelijk signaal gebruiken om frequentiespectra op te meten, dan moet men een hele lange meetperiode op de koop toe nemen. Men moet er immers zeker van zijn dat alle frequenties binnen het meetspectrum in ongeveer gelijke mate aanwezig zijn geweest.

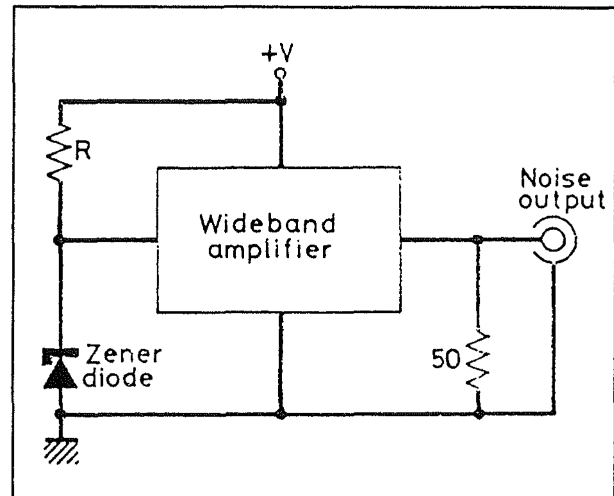
Pseude random noise, zoals deze die digitaal gegenereerd wordt, heeft als nadeel dat het niet volledig willekeurig is en dus niet precies aan de definitie van een ruissignaal voldoet. Pseudo random ruis is samengesteld uit een aantal ruispatronen, die zich periodiek herhalen. Dank zij speciale schakeltechnieken kan men er toch

voor zorgen dat de afwijkingen van het theoretische ruissignaal minimaal zijn. Een groot voordeel van pseudo random ruis is echter dat de amplitude-samenstelling volstrekt voorspelbaar is. Wil men meten in een frequentiegebied van 20 Hz tot 20 kHz, dan kan men de pseudo random ruis generator zo ontwerpen, dat men er zeker van is dat alle frequenties uit die band binnen één ruispatroon in even grote mate in het uitgangssignaal zullen voorkomen. Het volstaat dus de weergave van slechts één ruispatroon te meten om een betrouwbare meting te verrichten. Een tweede groot voordeel van deze pseudo random ruisgeneratoren is dat de metingen volledig reproduceerbaar zijn. Hetgeen wil zeggen dat als men twee metingen verricht op een en hetzelfde apparaat, de meetresultaten volstrekt identiek zullen zijn.

# Een zenerdiode als ruisbron

## Inleiding

De meest eenvoudige schakeling voor het genereren van ruis is getekend in figuur 3/8.2.9-3. Over een zenerdiode ontstaat, naast de zenerspanning zélf, een kleine breedbandige ruisspanning. In de meeste gevallen wordt deze op alle mogelijke manieren weg gefilterd, als men de zenerdiode als ruisgenerator wil gebruiken is het natuurlijk net die ruis die men nodig heeft. De zenerdiode wordt afgesloten met een breedbandige wisselspanningsversterker, die alleen de kleine ruisspanning over de diode flink versterkt. Op de uitgang van de schakeling verschijnt een ruissignaal, met een spectrale samenstelling die heel erg dicht deze van ideale witte ruis benadert.

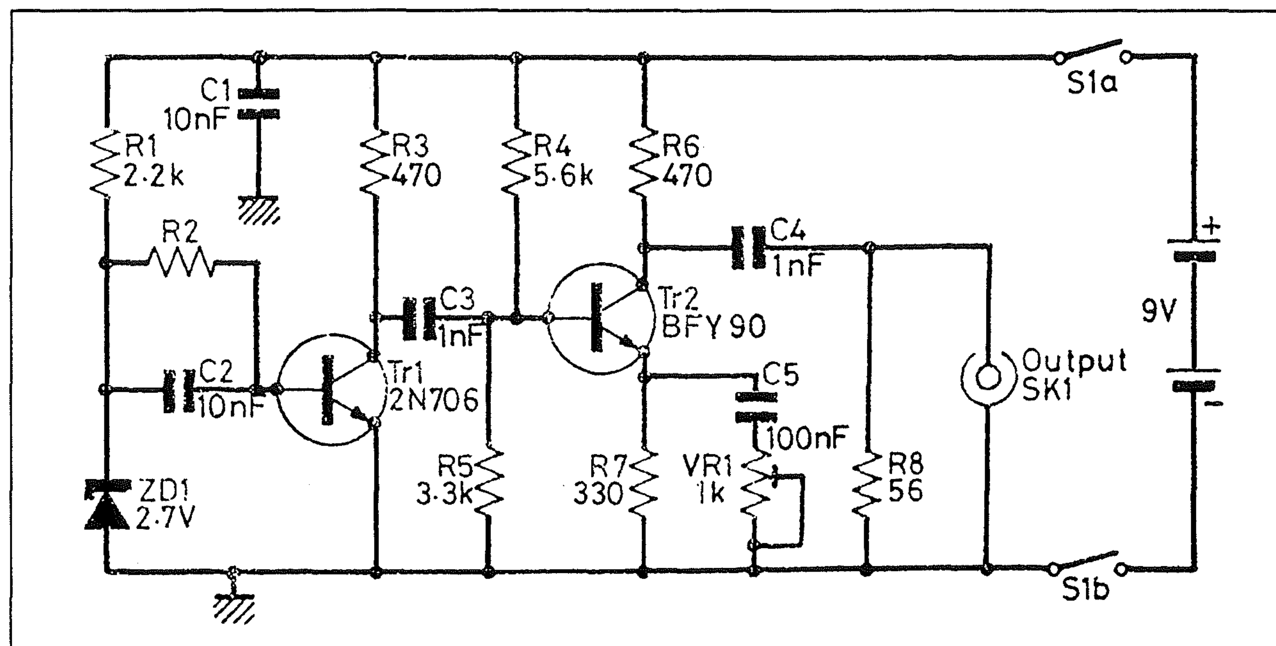



**Figuur 3/8.2.9-3:** Het principe van een ruisgenerator met een zenerdiode als basis.

## Praktische schakeling

In figuur 3/8.2.9-4 is een praktische schakeling getekend van een ruisgenerator met een zenerdiode als basis. De zenerdiode van 2,7 V wordt via de weerstand R1 in breakdown ingesteld. De 2,7 V gelijkspanning die over de zenerdiode ontstaat wordt gebruikt om de basis van de eerste transistor via de weerstand R2 in te stellen. Om de volledige ruisspanning aan de basis aan te kunnen bieden, wordt deze weerstand overbrugd door de condensator C2. De twee transistoren vormen een brede band versterker, waarvan de versterking instelbaar is via de instelpotentiometer VR1 is de emitter van de tweede trap. De uitgang wordt belast door de weerstand R8 van 56 Ω. Rekent men de invloed van de collectorweerstand van Tr2 hierbij op, dan heeft de schakeling een uitgangsimpedantie van precies 50 Ω, zodat de schakeling in feite kan worden voorgesteld door een ideale ruisbron, in serie met een weerstand van 50 Ω.

**8.2 Meetapparatuur**

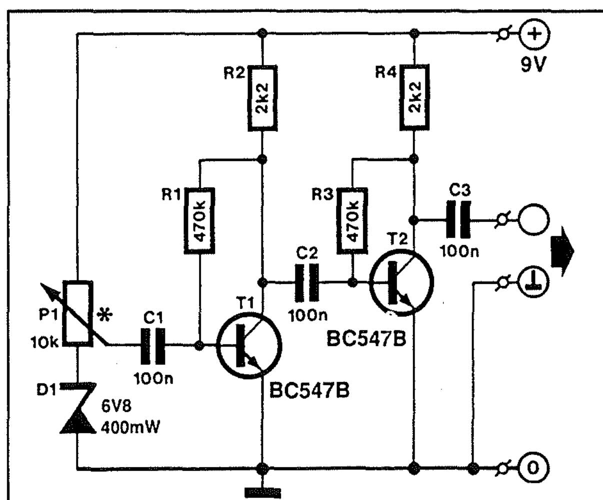



**Figuur 3/8.2.9-4:** Een praktisch schema van een ruisgenerator met een zenerdiode als basis.

De bandbreedte van de uitgangsruis is afhankelijk van de keuze van de transistoren. Met de in het schema ingetekende typen bevat de ruis frequenties tot ongeveer 30 MHz. Vervangt men beide halfgeleiders door echte hoogfrequent typen, dan zal de schakeling frequenties leveren tot ver in het VHF-gebied.

### Tweede voorbeeld

In figuur 3/8.2.9-5 is een tweede voorbeeld van een brede band witte ruis generator getekend. Deze in "Elektuur" gepubliceerde schakeling levert frequenties tot ongeveer 150 MHz en is dus op de twee meter band nog goed te ontvangen. Nu wordt er gebruik gemaakt van een zenerdiode van 6,8 V, die via een weerstand van 10 kΩ wordt ingesteld uit een voedingsspanning van 9 V.
Via de loper van de potentiometer P1 kan men een kleiner of groter deel van de ruisspanning toevoeren aan de ingang van een eenvoudig tweetraps breedband versterkertje.




**Figuur 3/8.2.9-5:** Een tweede voorbeeld van een ruisgenerator met een zenerdiode.

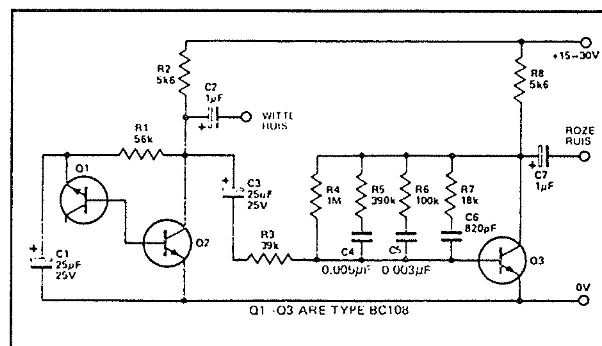
Let op de ongebruikelijke manier waarop deze twee trappen zijn ingesteld. De basisstroom wordt via vrij grote weerstanden betrokken uit de collectorspanning. Deze instelling garandeert een grote mate van stabiliteit. Zou immers de collectorstroom willen stijgen, dan gaat de collectorspanning dalen en zal er minder stroom in de

basis gestuurd worden. De transistor gaat minder geleiden en de stijging van de collectorstroom wordt automatisch tegengewerkt.

# Een transistor als ruisbron

**Inleiding**
De basis-emitter overgang van een transistor wordt meestal in geleiding ingesteld en voert dan een spanning van ongeveer 0,7 V. Als men deze overgang echter invers polariseert, dus emitter positief ten opzichte van de basis, dan gaat deze overgang zich min of meer gedragen als een zenerdiode met een doorslagspanning van ongeveer 7 V tot 9 V. Op deze manier kan men dus een transistor toepassen als fundamenteel onderdeel van een ruisgenerator. Ook nu vertoont het gegenereerde ruisspectrum veel gelijkenis met het spectrum van ideale witte ruis.

**Eerste voorbeeld**
In figuur 3/8.2.9-6 is een eenvoudige schakeling getekend, die zowel witte als rose ruis genereert. De basis-emitter overgang van Q1 wordt via de weerstanden R1 en R2 aangesloten op een vrij hoge voedingsspanning van minimaal 15 V. De overgang slaat door en de ruisvormige stroom, die door de junctie loopt wordt rechtstreeks gebruikt als basisstroom van de achtergeschakelde versterker Q2. De speciale manier waarop de twee transistoren met elkaar verweven zijn, zorgt voor een bepaalde tegenkoppeling waardoor het geheel vrij temperatuurstabiel is. De witte ruis kan rechtstreeks van de collector van transistor Q2 worden afgetakt.

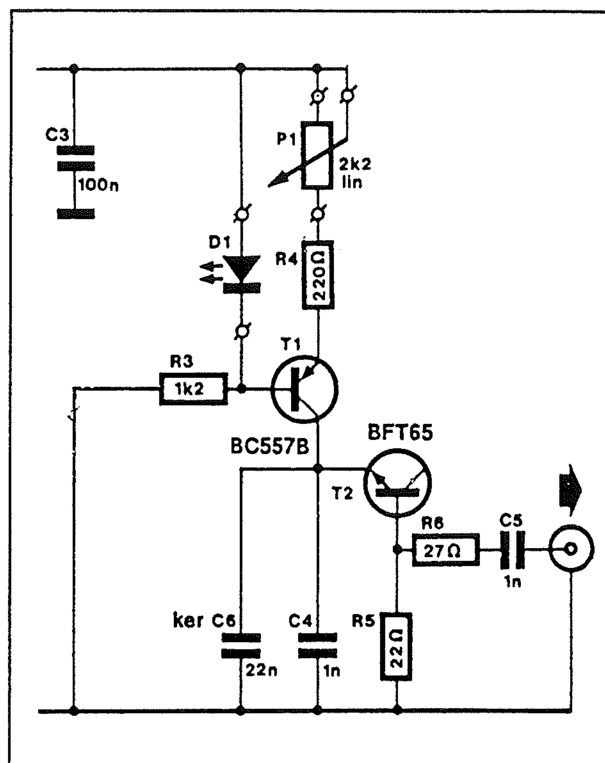



**Figuur 3/8.2.9-6:** Een eenvoudige ruisgenerator met een transistor als ruisbron.

De uitgang van de witte ruis generator gaat naar een eenvoudig filtertje rond transistor Q3. Dit filter moet, zoals reeds geschreven, met 3 dB per octaaf verzwakken. Nu is het helemaal niet zo eenvoudig een filter met dergelijke karakteristieken te ontwerpen. Een passief RC-filter verzwakt immers al met 6 dB per octaaf. De oplossing hiervoor bestaat in het minimaliseren van de invloed van de condensator in het RC-filter. Dat kan door een aantal serieschakelingen van een condensator en een weerstand parallel te schakelen. In principe bestaat het filter uit drie secties (C4, C5, C6) die ieder samenwerken met de algemene filterweerstand R3. Deze schakelstructuur zal ook bij de volgende voorbeelden steeds teruggevonden worden. De nauwkeurigheid van de 3 dB per octaaf karakteristiek over het volledige frequentiegebied is alleen afhankelijk van het aantal RC-secties dat men toepast en van de zeer nauwkeurige afstemming van de weerstand- en condensatorwaarden. Ondanks de eenvoud van het filter van figuur 3/8.2.9-6 zijn de resultaten meer dan bevredigend te noemen. De grafieken van figuur 3/8.2.9-2 zijn namelijk de testresultaten van deze eerste voorbeeldschakeling.

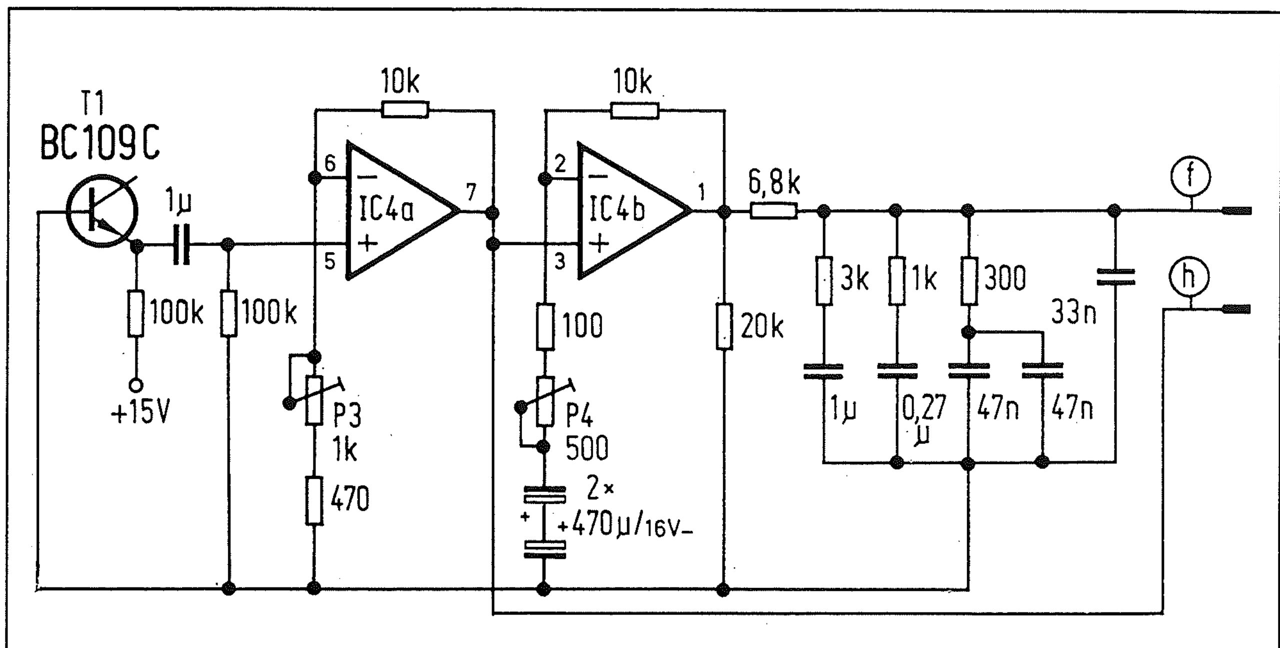
**Tweede voorbeeld**
Een tweede voorbeeldschakeling van een witte ruis generator met als basis een transistor is getekend in figuur 3/8.2.9-7. Deze schakeling werd gepubliceerd in "Elektuur", jaargang 1987, maand april. De schakeling is speciaal bedoeld voor het genereren van zeer breedbandige ruis, die bruikbaar is tot in het UHF-gebied. Het frequentiespectrum van de schakeling loopt tot 1 GHz. Het zal duidelijk zijn dat bij een dergelijke brede band het er op aan komt de ruisbron zo "puur" mogelijk te gebruiken. Vandaar dat de uitgang dan ook rechtstreeks wordt afgetakt over de primaire ruisbron, de transistor T2. De toegepaste BFT65 is een super hoge frequentie transistor. Om toch enige invloed te hebben op de grootte van het ruissignaal wordt de stroom die door de invers ingestelde basis-emitter overgang wordt gestuurd ingesteld door middel van een eenvoudige stroombron. Als referentiespanning voor deze stroombron wordt de vrijwel constante spanningsval gebruikt die ontstaat over de geleidende LED D1. Over de serieschakeling van P1 en R4 zal dezelfde spanning ontstaan, zodat men de stroom die door T1 vloeit kan instellen door het verdraaien van de potentiometer P1. De collectorstroom van T1 vloeit rechtstreeks af naar T2. De over de emitterweerstand gegenereerde ruisspanning wordt via de weerstand R6 en de scheidingscondensator C5 aan de uitgang aangeboden. De schakeling kan gevoed worden uit een spanning van +9 V.

**Derde voorbeeld**
In figuur 3/8.2.9-8 is een derde voorbeeldschakeling getekend van een ruisgenerator met een transistor als ruisbron. De basis-emitter overgang van transistor T1 wordt als ruisbron gebruikt. Via de voorschakelweerstand van 100 kΩ wordt een stroom door de junctie gestuurd, de ruisspanning wordt via de scheidingscondensator van 1 μF aangeboden aan de operationele versterker IC4a.




**Figuur 3/8.2.9-7:** Tweede voorbeeldschakeling van een ruisgenerator met een transistor als basis.

Deze versterkt de ruisspanning ongeveer tien maal. De uitgangsspanning op pen 7 gaat naar de uitgang h, waarvan men de witte ruis kan aftakken. De witte ruis wordt nog eens versterkt in operationele versterker IC4b, om de verzwakking van het rose filter te compenseren. Dit filter bestaat uit de weerstand van 6,8 kΩ en drie RC-combinaties, die de gewenste 3 dB per octaaf karakteristiek realiseren.
De schakeling is speciaal ontwikkeld voor het genereren van witte en rose ruis met een frequentiespectrum dat aangepast is aan audio-apparatuur.

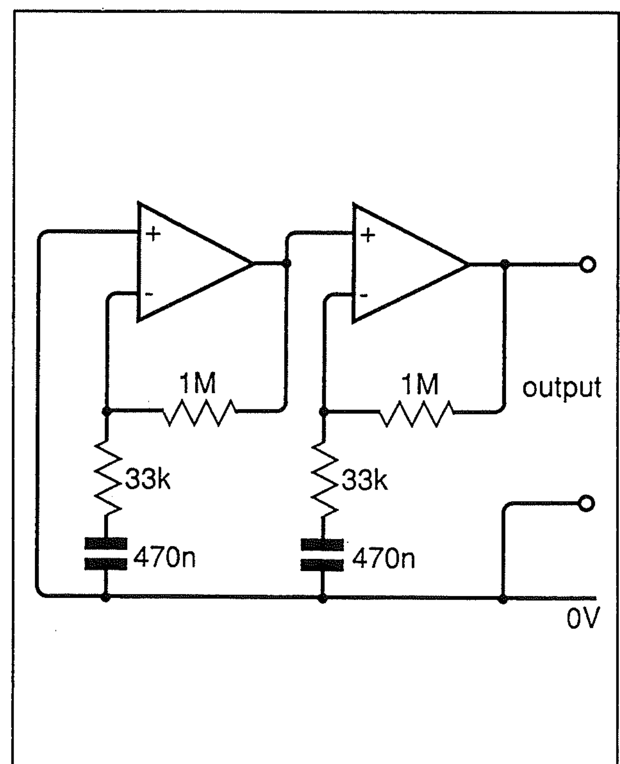



**Figuur 3/8.2.9-8:** Derde voorbeeldschakeling van een ruisgenerator met een transistor als basis.

# Een op-amp als ruisbron

## Principe

Een in de praktijk niet vaak toegepaste methode voor het genereren van ruis is getekend in figuur 3/8.2.9-9. Twee in cascade geschakelde operationele versterkers zijn ingesteld met een zeer hoge versterkingsfactor. Er wordt geen ingangssignaal aangeboden, het gevolg is dat de schakelingen alleen hun eigen ruis gaan versterker. Het probleem met deze eenvoudige schakeling is dat niet alle operationele versterkers een ruiskarakteristiek hebben die ze geschikt maakt voor deze toepassing. Alleen op-amp's met wat genoemd wordt een "1/f ruisgrens" zijn bruikbaar. Dit wil zeggen dat de laagfrequent ruis ongeveer 3 db hoger ligt dan de ruis bij hogere frequenties. Een bruikbaar type blijkt de LT1007 of LT1037 te zijn, beide typen hebben een 1/f ruisgrens van 2 Hz.




**Figuur 3/8.2.9-9:** Het principe van een ruisgenerator met de eigen ruis van een operationele versterker als basis.

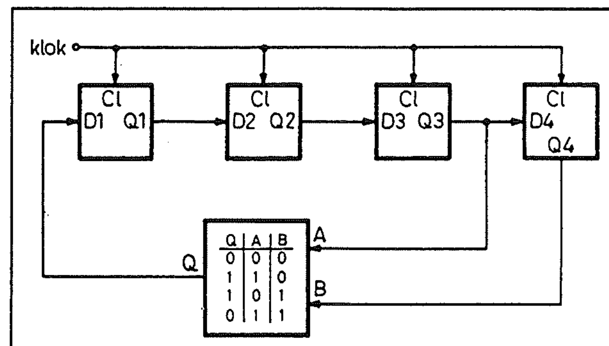
# Digitale ruisopwekking

## PRBS-generator

Zoals reeds geschreven in de inleiding kan men op een digitale manier mooie volledig reproduceerbare schijnbaar witte ruis opwekken. Schijnbaar, omdat het feit dat de ruis reproduceerbaar is al aangeeft dat het signaal in feite niets met "echte" ruis te maken heeft. Echte ruis is namelijk een volledig onvoorspelbaar statistisch verschijnsel. Toch kan men deze schijnbare ruis zo goed op echte ruis laten lijken, dat de te testen schakelingen er geen moeite mee hebben.
De basis van deze digitale techniek is een speciale toepassing van een schuifregister die PRBS-generator wordt genoemd, de afkorting van "pseudo randon bit sequence"-generator. Een schuifregister is een schakeling, opgebouwd uit in cascade geschakelde flip-flop's. De informatie die in de flip-flop's is opgeslagen (dus lage en hoge bits) zal op het ritme van een klokpuls door het register worden geschoven. Door nu bepaalde uitgangen van de flipflop's uit het register op een bepaalde manier terug te koppelen naar de ingang van het register, zal een schijnbaar niet te voorspellen opeenvolging van lage en hoge bits door het register worden geschoven.

## Het principe

In figuur 3/8.2.9-10 is een eenvoudig schuifregister getekend, gebouwd uit slechts vier type-D flip-flop's. De eigenschap van een schuifregister is dus dat iedere flip-flop de uitgangsspanning van de vorige trap overneemt op bevel van een klokpuls. Een signaal, aangelegd aan de ingang D1, schuift dus bij iedere klokpuls één trap naar rechts. Het signaal op de D1-ingang wordt afgeleid uit de twee laatste uitgangen van het register en wel met tussenschakeling van een zogenoemde "EXOR"-poort.




**Figuur 3/8.2.9-10:** Een eenvoudig voorbeeld van een PRBS-generator.

De waarheidstabel van een dergelijke poort is in het schema gegeven. Twee identieke ingangen leveren een "L" aan de uitgang, twee verschillende ingangen een "H". Een register, samengesteld uit vier trappen, kan 16 diverse combinaties van "L" en "H" op zijn vier uitgangen opwekken. Als men, zoals in de tabel van figuur 3/8.2.9-11 is gegeven, uitgaat van de toestand Q1 = Q2 = Q3 = Q4 = "H" dan kan men zeer eenvoudig bepalen wat er na iedere klokpuls gebeurt. De hoge Q3 en Q4 leveren via de EXOR een laag signaal aan de Dl-ingang. Na de eerste klokpuls zal Q1 deze lage waarde overnemen. De drie overige uitgangen blijven "H". Er wordt nu weer een "L" naar D1 teruggekoppeld, dus na de tweede klokpuls blijft Q1 laag, terwijl Q2 de lage waarde van Q1 overneemt. Als men de inhoud van het register na iedere nieuwe klokpuls onder de vorm van een hexadecimaal getal noteert, kan men vaststellen dat deze getallen elkaar in een schijnbaar willekeurige volgorde opvolgen, zie de tabel van figuur 3/8.2.9-11.

**8.2 Meetapparatuur**

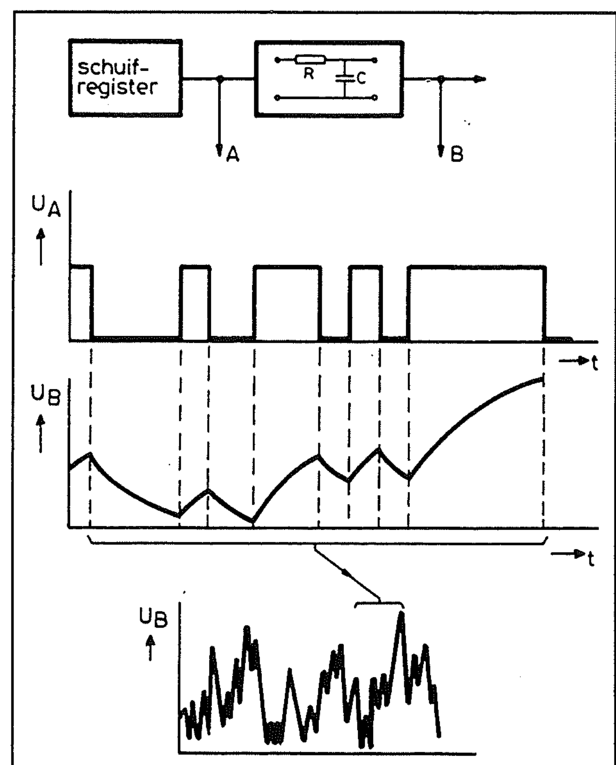
| Klok-puls | D1 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Inhoud v.h. register in hex |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | L | H | H | H | H | F |
| 1 | L | L | H | H | H | E |
| 2 | L | L | L | H | H | C |
| 3 | H | L | L | L | H | 8 |
| 4 | L | H | L | L | L | 1 |
| 5 | L | L | H | L | L | 2 |
| 6 | H | L | L | H | L | 4 |
| 7 | H | H | L | L | H | 9 |
| 8 | L | H | H | L | L | 3 |
| 9 | H | L | H | H | L | 6 |
| 10 | L | H | L | H | H | D |
| 11 | H | L | H | L | H | A |
| 12 | H | H | L | H | L | 5 |
| 13 | H | H | H | L | H | B |
| 14 | H | H | H | H | L | 7 |
| 15 | L | H | H | H | H | F |

**Figuur 3/8.2.9-11:** De toestand op de vier uitgangen van het schuifregister na iedere klokpuls van een cyclus.

Schijnbaar willekeurig, omdat de volgorde wel vast ligt door de aard van de schakeling. Iedere cyclus van 15 klokpulsen zal immers dezelfde getallenvolgorde veroorzaken! Men stelt verder vast, dat de combinatie Q1 = Q2 = Q3 = Q4 = "L" niet voorkomt. Dat is maar goed ook, want deze toestand zou tot in het oneindige blijven bestaan. Q3 = Q4 = "L" levert immers een "L" aan de D1-ingang en deze lage waarde zou bij iedere klokpuls blijven bestaan. Dat is een typische eigenschap van een PRBS-generator, waar men bij het ontwerp van de schakeling goed rekening mee moeten houden! Er moet een extra schakeling ingebouwd worden die verhindert dat de toestand, waarbij alle uitgangen van het schuifregister "L" worden, kan voorkomen. Hiervoor bestaan verschillende opties, die bij de bespreking van de praktische voorbeeldschakelingen aan de orde zullen komen.

**Van bits naar ruis**

Hoe men uit een schijnbaar willekeurige volgorde van "L"- en "H"-signalen een ruissignaal kan maken, wordt verklaard aan de hand van figuur 3/8.2.9-12. Een willekeurige uitgang van het schuifregister wordt aangeboden aan een RC laagdoorlaat filter. Dit filter zal het digitale signaal integreren. Een aantal opeenvolgende "H"-pulsen levert een hoge analoge spanning over de condensator van het filter op. De condensator C zal zich immers via de weerstand R gaan opladen. Een opeenvolging van "L"-signalen ontlaadt de condensator via de weerstand, waardoor de analoge uitgangsspanning gaat dalen.

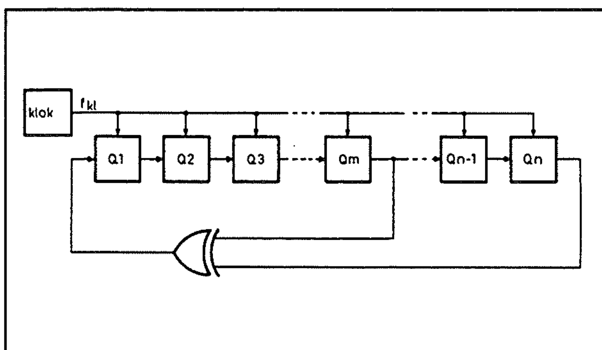



**Figuur 3/8.2.9-12:** Door integratie van de schijnbaar willekeurige opeenvolging van "L"- en "H"-signalen ontstaat een ruissignaal.

De *analoge* spanning $U_B$ varieert dus schijnbaar willekeurig tussen een minimum en een maximum en het verloop tussen beide grenzen wordt bepaald door

de schijnbaar willekeurige opeenvolging van "L"- en "H"-signalen op de uitgang van het schuifregister. Als men de tijd-as waarmee $U_B$ wordt getekend sterk verkleint ontstaat het typische verloop van een ruissignaal, zie onderste grafiek.

**Vier trappen niet genoeg**
Een schuifregister, samengesteld uit vier trappen, levert uiteraard geen bruikbaar ruissignaal op. De herhalingsfrequentie van de cyclus is veel te hoog. Door het aantal trappen van het schuifregister uit te breiden en de juiste uitgangen terug te koppelen via de EXOR-poort, ontstaan echter vrij snel heel lange cyclussen. Dat kan allemaal heel mooi wiskundige verklaard en berekend worden, maar hier wordt volstaan met een grafische toelichting. In figuur 3/8.2.9-13 is de algemene vorm van een PRBS-register getekend, samengesteld uit *n* flip-flop's. Men kan wiskundig aantonen dat de maximale lengte van een cyclus niet alleen afhankelijk is van het aantal trappen *n*, maar ook van de trap *m* die samen met n aan de ingang van de EXOR-poort wordt aangeboden.




**Figuur 3/8.2.9-13:** De algemene vorm van een PRBS-generator.

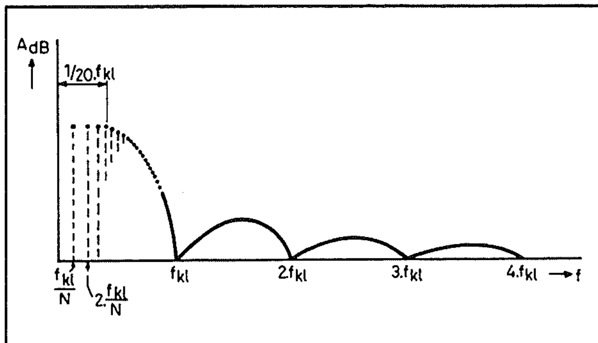
Uit het behandelde voorbeeld is duidelijk aangetoond dat de cyclus-lengte gelijk is aan 15 als men vier trappen toepast (n = 4) en de tweede ingang van de poort met de uitgang van de derde trap verbindt (m = 3). Uit de tabel van figuur 3/8.2.9-14 volgt dat de cyclus-lengte ongelooflijk snel stijgt bij het vermeerderen van het aantal trappen n. Een schuifregister, samengesteld uit 31 flip-flop's, waarbij de 31-ste en de 13-de trap worden teruggekoppeld, heeft bijvoorbeeld een cyclus-lengte van meer dan 2 miljard klokpulsen!

| n | m | Totale cycluslengte (N) |
|---|---|---|
| 4 | 3 | 15 |
| 5 | 3 | 31 |
| 7 | 6 | 127 |
| 9 | 5 | 511 |
| 11 | 9 | 2 047 |
| 15 | 4 | 32 767 |
| 18 | 11 | 262 143 |
| 23 | 5 | 8 388 607 |
| 31 | 13 | 2 147 483 647 |

**Figuur 3/8.2.9-14:** De cyclus-lengte in functie van *n* en *m*.

**Fourier-analyse**
De uitgangsspanning van een schuifregister kan, zoals Fourier bewezen heeft, wiskundig ontleed worden tot een combinatie van een aantal sinusspanningen met specifieke frequenties en amplitudes. Deze frequentie-analyse is getekend in de $A_{dB}$/f-karakteristiek van figuur 3/8.2.9-15. Men stelt vast dat het signaal is samengesteld uit een groot aantal sinussignalen, met frequenties die $f_{kl}/N$ uit elkaar liggen. Hierbij staat $f_{kl}$ voor de klokfrequentie en N voor de totale cyclus-lengte.
Een voorbeeld ter verduidelijking: stel een 31-traps register met een EXOR-terugkoppeling van de trappen 13 en 31 en een klokfrequentie van 500 kHz. In het uitgangssignaal van het register komen

dan frequenties voor, die 500 kHz gedeeld door 2.147.483.647 uit elkaar liggen, concreet: 0,000.23 Hz! Men kan dus zonder overdrijven stellen, dat alle frequenties in het signaal zijn vertegenwoordigd.




**Figuur 3/8.2.9-15:** De frequentiesamenstelling van het uitgangssignaal van een PRBS-generator.

Uit de grafiek kan men verder afleiden dat de amplitude van deze frequenties constant blijft tot aan een/twintigste van de klokfrequentie. In het genoemde voorbeeld komt dit erop neer, dat alle frequenties tot 25 kHz zonder verzwakking in het uitgangssignaal van het register aanwezig zijn. Kortom, het behandelde voorbeeld biedt een ideale basis voor het opwekken van witte ruis: alle frequenties tussen 0,00023 Hz en 25 kHz zijn in gelijke mate vertegenwoordigd en bovendien met dezelfde amplitude. Vandaar dat een 31-traps register met een klokfrequentie van 0,5 MHz de beste basis is voor het samenstellen van een witte en rose ruis generator voor metingen in audio-apparatuur.

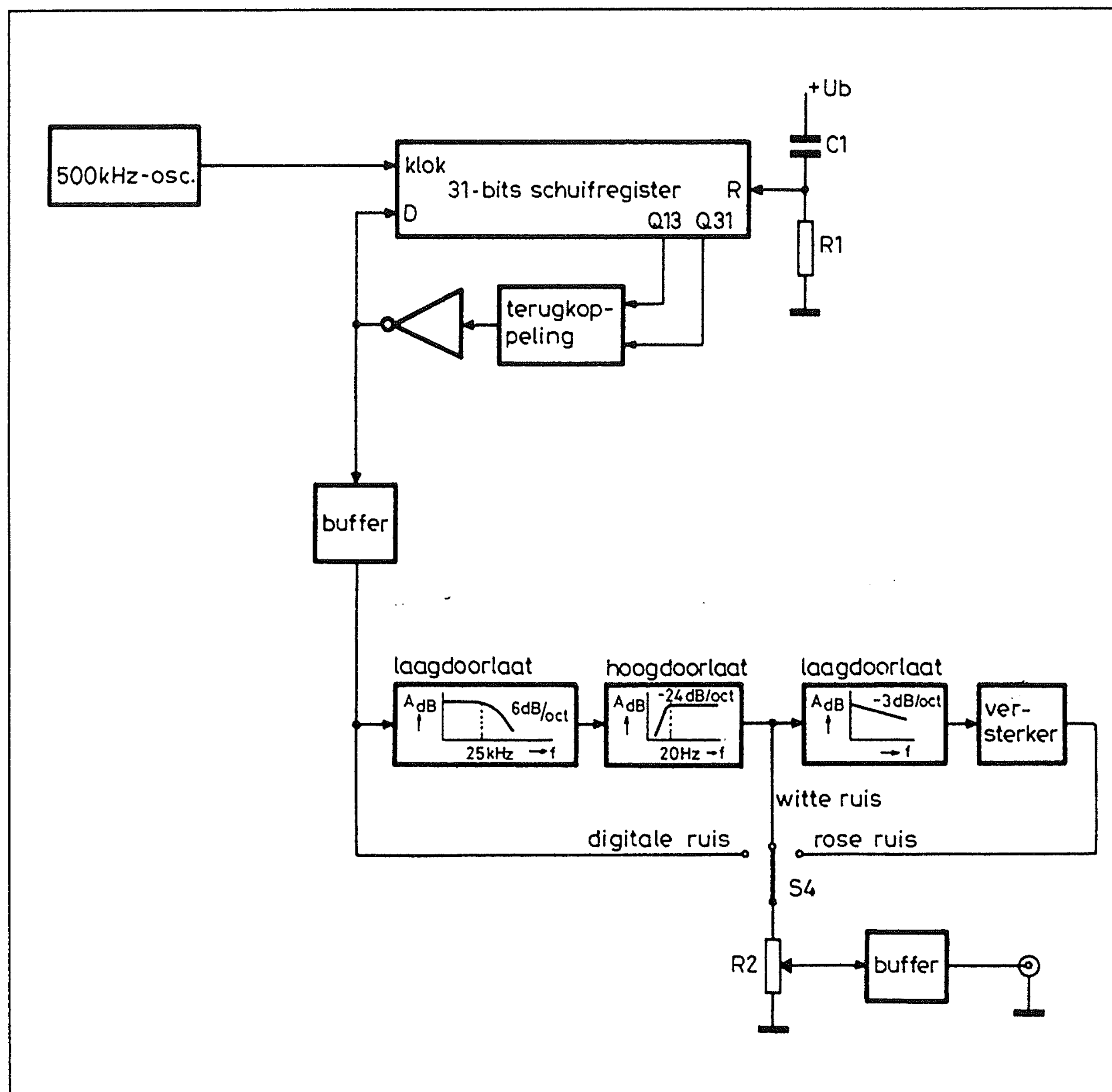
### Algemeen blokschema van een digitale ruisgenerator

Aan de hand van de besproken principes kan men het algemeen schema van een ideale digitale ruisgenerator nu vrij eenvoudig samenstellen. Dit blokschema is getekend in figuur 3/8.2.9-16.

Het 31 bit schuifregister wordt gestuurd uit een 500 kHz oscillator. De EXOR-terugkoppeling wordt gevolgd door een extra invertor. Deze heeft de volgende functie. Zoals reeds geschreven moet men ervoor zorgen dat het nooit kan voorkomen dat alle uitgangen van het register "L" zijn. Dat kan in de praktijk toch gebeuren, bijvoorbeeld door een stoorpuls die via de voeding binnenkomt en alle flipflop's reset. Vandaar dat de zaken worden omgedraaid. Men zorgt ervoor dat bij het inschakelen van de voeding alle trappen "L" worden, dit door het sturen van de reset van de flip-flop's door een RC-netwerk. De lage uitgang van de EXOR wordt geïnverteerd door de invertor en er wordt een "H" aan de D-ingang van het register aangeboden. De cyclus start. Wél ontstaat nu een nieuwe verboden toestand, namelijk alle uitgangen gelijk aan "H". In de praktijk komt het echter uiterst zelden voor dat een stoorpuls tot gevolg heeft dat alle flip-flop's naar de "H"-toestand schakelen.

De C1/R1-combinatie zet bij het inschakelen van de voedingsspanning een kort "H"-pulsje op de reset van het schuifregister, alle trappen gaan naar "L" en de cyclus start automatisch op. De D-ingang van het register wordt gebruikt als uitgang van de schakeling. Na een buffer staat het digitale ruissignaal via S4 ter beschikking van de amplitudepotentiometer R2 en de eindbuffer. De digitale "ruis" wordt omgezet in goede analoge witte ruis door eerst alle frequenties boven 25 kHz weg te filteren in een eerste orde laagdoorlaat filter (steilheid 6 dB per octaaf) en nadien de niet nuttige zeer laagfrequente signalen te verwijderen door middel van een vierde orde hoogdoorlaat filter met een kantelfrequentie van 20 Hz en een steilheid van 24 dB per octaaf.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.9-16:** Het algemeen blokschema van een kwalitatief uitstekende digitale ruisgenerator.

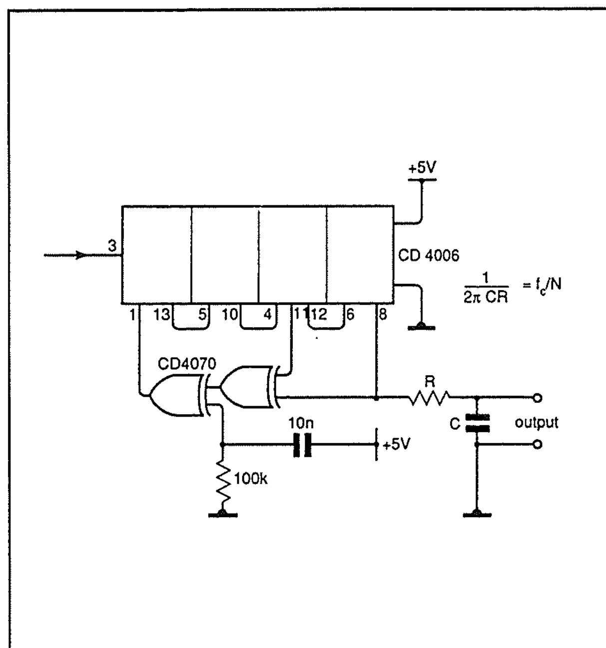
De analoge witte ruis die aldus ontstaat gaat via het tweede contact van S4 naar de potentiometer R2, de buffer en de uitgang. De omzetting van witte in rose ruis vindt plaats in het passieve laagdoorlaat filter met een steilheid van 3 dB per octaaf en een kantelfrequentie van 10 Hz. Zo'n passieve filter verzwakt echter behoorlijk, vandaar een extra versterkertrap die de rose ruis op het zelfde niveau brengt als zijn witte soortgenoot.

**Eerste voorbeeldschakeling**

Het behandelde blokschema geeft de meest uitgebreide en beste uitvoering van een digitale ruisgenerator. Dat het in de praktijk ook eenvoudiger kan bewijst het praktisch schema van figuur 3/8.2.9-17.

**8.2 Meetapparatuur**

Deze schakeling werd gepubliceerd in "Electronics World" van maart 1992. Hier wordt een schuifregister van het type CD4006 toegepast, dat bestaat uit slechts 17 flip-flop's. Dank zij de terugkoppeling naar de EXOR heeft deze schakeling een cyclus-lengte van 131.071 klokpulsen. De tweede EXOR wordt gebruikt voor het verhinderen van de gevaarlijke situatie dat alle flip-flop uitgangen "L" worden en de schakeling in een oneindige lus vervalt.




**Figuur 3/8.2.9-17:** Een zeer eenvoudige uitvoering van een digitale ruisgenerator.

In een CD4070 zitten vier EXOR-poorten. De twee overige kunnen gebruikt worden voor het samenstellen van de klokoscillator. Bij een klokfrequentie van 130 kHz is de cycluslengte gelijk aan ongeveer een seconde en liggen de Fourier-frequenties ongeveer 1 Hz uit elkaar. Het eenvoudige RC-filtertje, dat de uitgang van het schuifregister afsluit, zet het digitale signaal om in een pseudo witte ruis spanning.

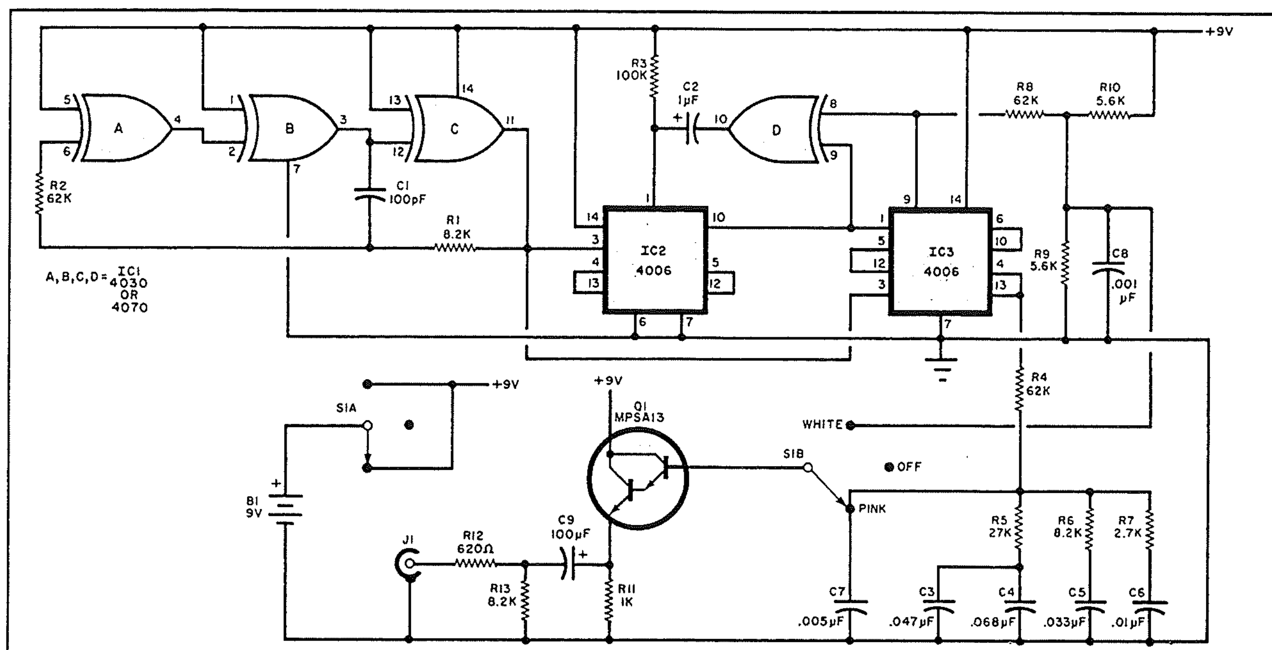
**Tweede voorbeeldschakeling**

Een tweede praktisch schema, afkomstig uit "Popular Electronics" van februari 1980, is getekend in figuur 3/8.2.9-18. Hart van de schakeling zijn twee schuifregisters van het type CD4006. Deze twee IC's zijn zo geschakeld dat n gelijk is aan 31 en m gelijk is aan 13, de ideale constructie voor audio-ruis. De D-poort van IC1 zorgt voor de noodzakelijke terugkoppeling naar de ingang van het register. De drie overige poorten worden gebruikt als klokoscillator met een frequentie van ongeveer 300 kHz.
Het digitale signaal, afgenomen van pen 9 van IC3, wordt via een eenvoudig passief filtertje gefilterd en omgezet in witte ruis. Een tweede uitgang van het schuifregister wordt gebruikt voor het genereren van rose ruis. Het filtertje dat hiervoor gebruikt wordt is nogal eenvoudig, maar volgens de ontwerper van de schakeling afdoende. Via de omschakelaar S1B worden beide ruissignalen aan een eenvoudige uitgangsbuffer aangeboden.

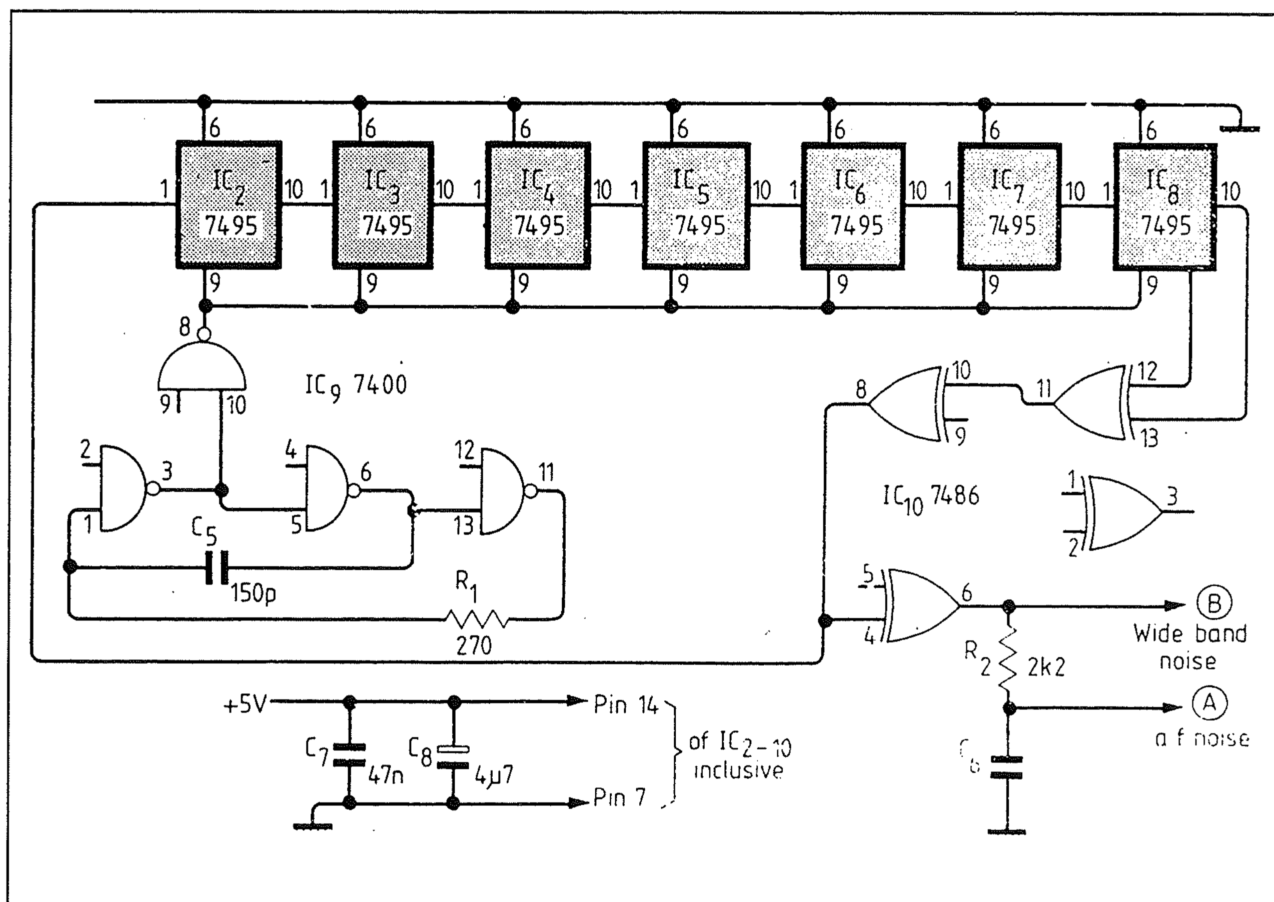
**Derde voorbeeldschakeling**

Een volledig met standaard TTL-IC's uitgevoerde schakeling werd gepubliceerd in "Wireless World" van juli 1982. Het schema is getekend in figuur 3/8.2.9-19. Het schuifregister wordt gevormd door zeven 7495-IC's. Ieder IC bevat vier flip-flop's, zodat het register uit 28 trappen bestaat. IC9 wordt gebruikt als klokoscillator met een frequentie van 6 MHz. De cyclus-lengte van het register bedraagt 268.435.455 klokpulsen, zodat één ruiscyclus ongeveer 45 seconde duurt. Men kan berekenen dat de Fourier-frequenties 0,023 Hz uit elkaar liggen. Een 7486 EXOR regelt de terugkoppeling en zorgt er voor dat het register niet in een eindeloze lus terecht komt.

## 8.2 Meetapparatuur




**Figuur 3/8.2.9-18:** Een schakeling die gebruikt maakt van n = 31 en m = 13.

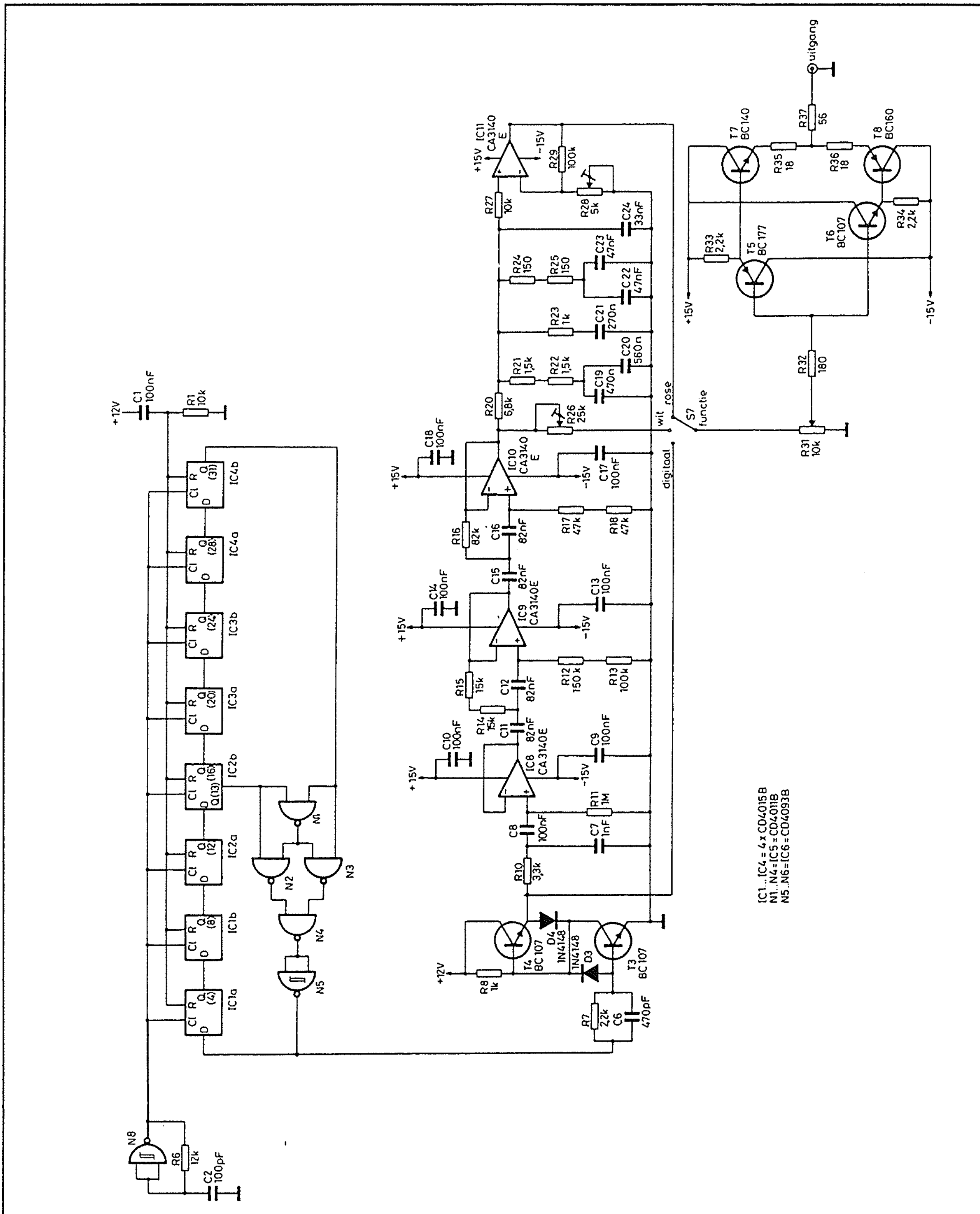



**Figuur 3/8.2.9-19:** Een met standaard TTL-schakelingen opgebouwde digitale ruisgenerator.

De derde EXOR-poort wordt als buffer gebruikt, die met een eenvoudig laagdoorlaat filtertje wordt afgesloten. De -3 dB kantelfrequentie van dit filtertje bedraagt 100 kHz.

**Vierde voorbeeldschakeling**
De laatste voorbeeldschakeling van een digitale ruisgenerator is getekend in figuur 3/8.2.9-20. Deze schakeling werd ontworpen door de eindredakteur van dit naslagwerk en gepubliceerd in "Radio Bulletin" juli 1984.
Het PRBS-register is samengesteld uit vier CD4015B schuifregisters (IC1 tot en met IC4), die ieder twee registers met vier trappen bevatten. Het register bevat dus 32 trappen, waarvan de 13-de en de 31-ste worden gebruikt in de terugkoppeling naar de D-ingang van de eerste trap. De EXOR-poort is samengesteld uit vier NAND-poorten N1 tot en met N4, de extra invertor wordt gevormd door een poort N5 van een CD4093B Schmitt-trigger.
Een andere poort van dit IC zorgt voor het opwekken van de klokpulsen. N8 is geschakeld als astabiele multivibrator met een frequentie van ongeveer 500 kHz. De voedingsspanning voor het digitale deel van de schakeling moet een goed gestabiliseerde en ontkoppelde spanning van +12 V zijn. De hoge werkfrequentie van het register veroorzaakt nogal wat storing op de voedingslijn, vandaar dat het absoluut noodzakelijk is deze schakelingen uit een eigen voedingsspanning te voeden.
Het digitale basissignaal wordt afgetakt van de D-ingang van de eerste flip-flop van het register. De digitale uitgangstrap is gebouwd met de transistoren T3 en T4 en inverteert het signaal. Als de ingangsspanning van deze schakeling "H" is, geleidt T3 en wordt de uitgang via diode D4 verbonden met massa. Transistor T4 geleidt niet, de basis ligt immers op een spanning die 0,7 V lager is dan de emitterspanning. Wordt de ingang "L", dan spert T3 en gaat T4 via weerstand R8 geleiden. De uitgang wordt doorverbonden met de voeding. Deze schakeling is dus een soort elektronische omschakelaar, die de uitgang op bevel van de ingang of met massa of met de voedingsspanning verbindt. De impedantie is in beide toestanden zeer laag, zodat deze buffer behoorlijk capacitief kan worden belast, zonder aantasting van stijg- en daaltijden.
Het laagdoorlaat filter is samengesteld uit een simpel RC-netwerk (R10-C7) en wordt gevolgd door een blokkeerkring C8/R11, die het signaal symmetrisch maakt ten opzichte van massa. Na de analoge buffertrap IC8 volgt een vierde orde hoogdoorlaat filter, samengesteld uit twee tweede orde filters rond IC9 en IC10. De onderdelen van deze filters zijn zo berekend dat de weergavekarakteristiek vlak verloopt tot aan de afsnijfrequentie. Na deze filtering is het digitale basissignaal omgezet in een zeer mooi analoog witte ruis signaal. De witte ruis wordt door middel van instelpotentiometer R26 aangeboden aan de functieschakelaar S7. Met deze instelpotentiometer kan men de amplitude van het signaal instellen op 1 V.
Het -3 dB per octaaf filter is samengesteld uit een aantal RC-netwerken, namelijk R20 tot en met R25 en C19 tot en met C24. Het berekenen van zo'n filter is alles behalve eenvoudig, maar gelukkig hebben diverse witgejaste heren in de applicatielaboratoria van de halfgeleiderindustrie dat reeds voor de niet wiskundig geschoolde ontwerper gedaan.
Het gekozen filter is van de middenklasse en afkomstig van National Semiconductor.

## 8.2 Meetapparatuur



**Figuur 3/8.2.9-20:** Het laatste voorbeeld van een discreet samengestelde digitale ruisgenerator.

Ondanks de eenvoud (er zijn -3 dB per octaaffilters met 10 RC-netwerken!) werkt het filter prima, zie de tabel van figuur 3/8.2.9-21. De verzwakking van dit filter wordt gecompenseerd met een eenvoudig versterkertje rond IC11. Door middel van instelpotmeter R28 kan men de gemiddelde waarde van de rose ruis gelijk maken aan die van de witte ruis.
Na de amplitudepotentiometer R31 volgt een breedbandige complementaire eindtrap. De bandbreedte van deze schakeling bedraagt tientallen MHz, hetgeen garant staat voor een uitstekende weergave van zelfs de zeer breedbandige digitale ruis. De uitgangsimpedantie van de schakeling wordt door middel van de serieweerstand R37 vastgelegd op ongeveer 50 Ω.

# Geïntegreerde digitale ruisgeneratoren

**Inleiding**
Een PRBS-generator is een volledige digitale schakeling die dus in principe zonder enig probleem op één chip geïntegreerd kan worden. National Semiconductor is deze uitdaging aangegaan en heeft twee PRBS-generatoren onder geïntegreerde vorm op de markt gebracht. Met deze IC's wordt het zélf bouwen van een digitale ruisgenerator natuurlijk nog veel eenvoudiger. Het enige probleem zou de verkrijgbaarheid van de IC's kunnnen zijn.

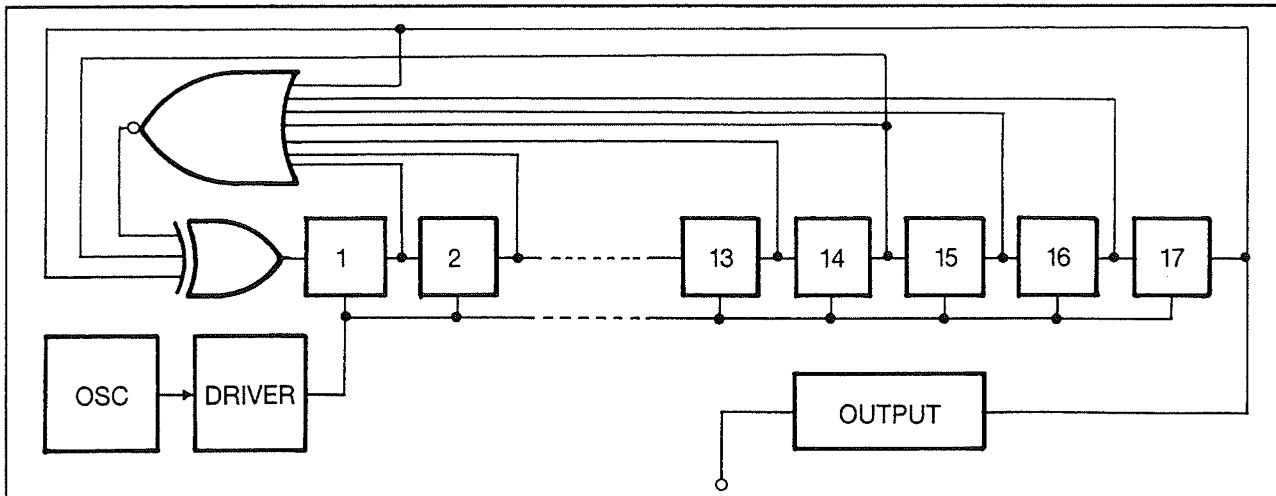
**De MM5837**
De MM5837 was het eerste PRBS-register dat in geïntegreerde vorm op de markt kwam. Dit in een DIL-8 behuizing ondergebracht IC bevat een schuifregister van 17 trappen. Zoals blijkt uit het intern blokschema in figuur 3/8.2.9-22 worden meer dan twee uitgangen teruggekoppeld naar de ingang. Bovendien bevat de chip anti-000000000-logica, waardoor voorkomen wordt dat het register in een eindeloze lus terecht komt en een interne klokoscillator. De aansluitgegevens van dit IC worden voorgesteld in figuur 3/8.2.9-23.
De MM5837 heeft een cyclus-lengte van 131.071 klokperioden. De klokfrequentie is niet extern in te stellen, maar volledig afhankelijk van de grootte van de voedingsspanning. Het verband tussen deze spanning en de frequentie volgt uit de tabel van figuur 3/8.2.9-24.

| f | $A_{dB}$ gemeten | $A_{dB}$ theoretisch |
|---|---|---|
| 31,50 Hz | 0 | 0 |
| 63 Hz | −3,25 | −3 |
| 125 Hz | −5,68 | −6 |
| 250 Hz | −8,58 | −9 |
| 500 Hz | −11,86 | −12 |
| 1 kHz | −14,67 | −15 |
| 2 kHz | −17,41 | −18 |
| 4 kHz | −20,73 | −21 |
| 8 kHz | −23,45 | −24 |
| 16 kHz | −26,47 | −27 |

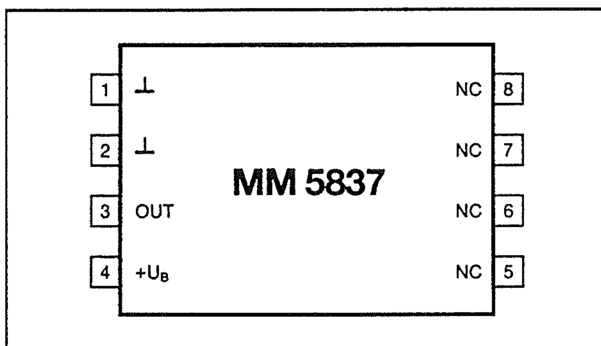
**Figuur 3/8.2.9-21:** De gemeten doorlaatkarakteristiek van het -3 dB per octaaf filter, gebruikt in de schakeling van figuur 3/8.2.9-20.

Afhankelijk van de klokfrequentie liggen de Fourier-frequenties 0,91 Hz tot 0,42 Hz uit elkaar. Dat zijn specificaties die niet te vergelijken zijn met de uitstekende eigenschappen van de besproken discrete schakelingen.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.9-22:** Intern blokschema van de MM5837.




**Figuur 3/8.2.9-23:** Aansluitgegevens van de MM5837.

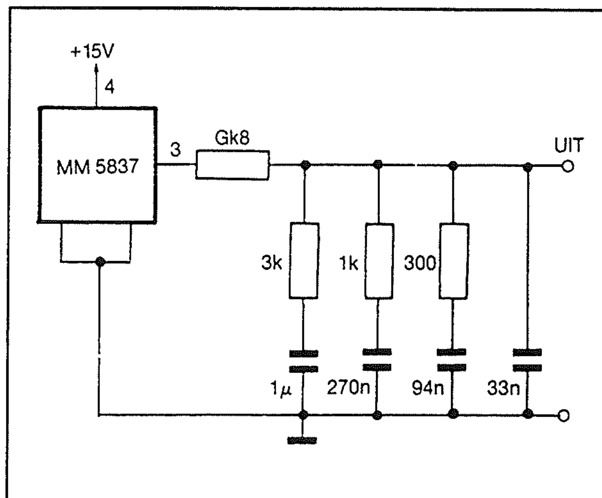
Toch beweert de fabrikant dat het IC in staat is vrijwel ideale witte ruis te genereren. In figuur 3/8.2.9-25 is de door de fabrikant voorgeschreven schakeling getekend om het uitgangssignaal van de MM5837 om te vormen tot rose ruis. Op de uitgang verschijnt een ruisspanning met een gemiddelde waarde van 1 V, gesuperponeerd op een gelijkspanning van ongeveer 8 V. De bandbreedte van het ruissignaal loopt van 20 Hz tot 20 kHz en is dus ideaal voor het testen van LF-schakelingen.
Een iets uitgebreidere schakeling werd gepubliceerd in het september nummer van "Elektuur", jaargang 1977, zie figuur 3/8.2.9-26.

| $V_{DD}$ | Approximate Clock Frequency (Hz) |
|---|---|
| −5 | 0 |
| −6 | 0.7 |
| −7 | 2267 |
| −8 | 8731 |
| −9 | 16,382 |
| −10 | 23,531 |
| −11 | 32,564 |
| −12 | 38,347 |
| −13 | 40,010 |
| −14 | 37,800 |
| −15 | 33,173 |

**Figuur 3/8.2.9-24:** Het verband tussen de voedingsspanning en de klokfrequentie.

Het rose ruis filter bestaat hier uit negen zogenoemde stapnetwerken, die de -3 dB karakteristiek zeer goed benaderen. Het filter wordt afgesloten met de emittervolger T1, die wordt opgevolgd door een eenvoudige versterkertrap rond de operationele versterker IC2. Deze heeft een versterkingsfactor van tien, waardoor op de uitgang een rose ruis spanning beschikbaar is waarmee men alle audio-ingangen van alle mogelijke apparatuur kan sturen.

**8.2 Meetapparatuur**

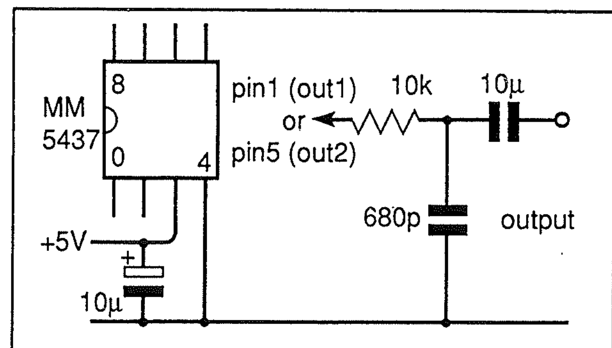



**Figuur 3/8.2.9-25:** Het door de fabrikant voorgeschreven -3 dB per octaaf filter voor de MM5837.

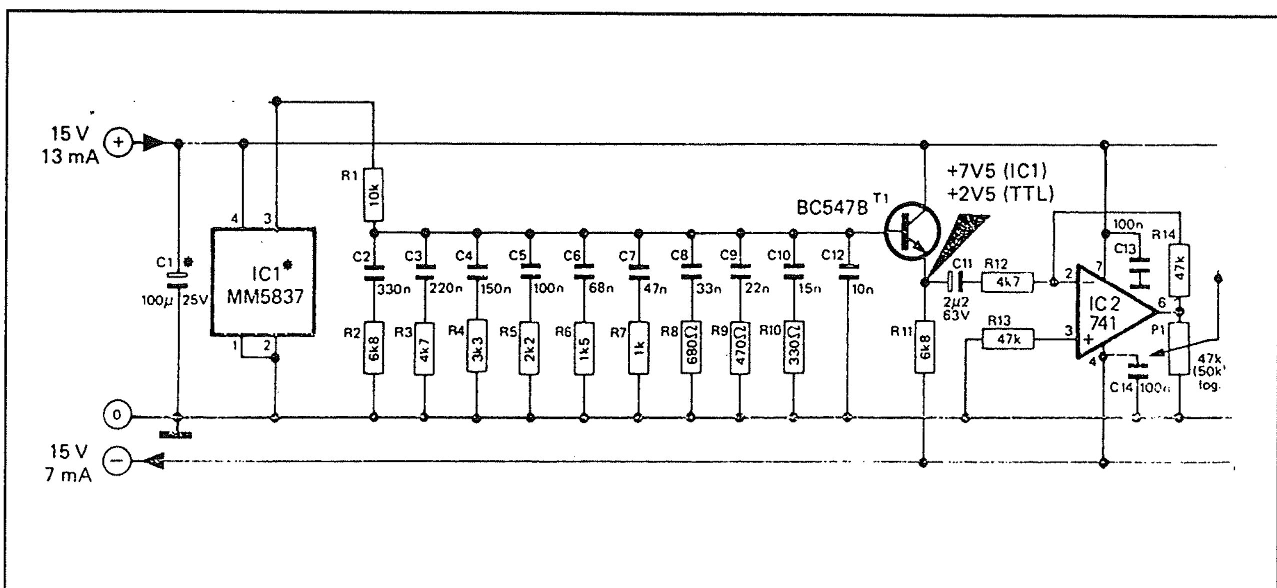
## De MM5437

De MM5437 is, hoe vreemd het ook mogen klinken, de opvolger van de MM5837. Deze schakeling bevat een PRBS-generator die is samengesteld uit 23 trappen. De uitgang van dit register staat ter beschikking op pen 5.

Daarnaast is nog een tweede uitgang aanwezig op pen 1, waarop een kortere cyclus ter beschikking staat. In figuur 3/8.2.9-27 is de basisschakeling rond de MM5437 getekend voor het genereren van een witte ruis signaal. Een eenvoudig eerste orde RC-filtertje zet het digitale uitgangssignaal om in witte ruis. Het netwerkje heeft een -3 dB afsnijfrequentie van 20 kHz, de condensator van 10 µF zorgt voor het sperren van de gelijkspanning op de uitgangen van het IC.




**Figuur 3/8.2.9-27:** Voorbeeldschakeling rond de MM5437 van National Semiconductor.




**Figuur 3/8.2.9-26:** Een verbeterde rose ruis generator met de MM5837 als basis.

### Conclusie

De twee door NatSemi op de markt gebrachte PRBS-generatoren zijn bruikbare schakelingen voor het snel in elkaar solderen van witte en rose ruis generatoren. Wie echter het onderste uit de kan wil, zal beroep moeten doen op uitgebreidere discrete schakelingen!

## Werken met ruisgeneratoren

### Inleiding

Een mooie ruisgenerator bouwen is één ding, er iets nuttigs mee doen een tweede! In het algemeen komt het er op neer dat witte of rose ruis aan de ingang van een audio-schakeling wordt aangeboden. In dit signaal zijn, zoals nu bekend, bijna alle frequenties tussen bijvoorbeeld 10 Hz en 25 kHz is gelijke mate vertegenwoordigd. De te testen audio-schakeling zal alle frequenties uit dit ruissignaal versterken volgens haar eigen frequentiekarakteristiek. Versterkt de schakeling bijvoorbeeld frequenties van 100 Hz 5 dB meer dan frequenties van 1 kHz, dan zal dat in het uitgangssignaal merkbaar zijn. De 100 Hz componenten in het ruissignaal zullen dan aan de uitgang van de schakeling 5 dB sterker zijn dan de ruiscomponenten met een frequentie van 1 kHz. Kortom, uit het uitgangssignaal van de schakeling kan men alle frequentie-eigenschappen van de te testen schakeling afleiden. Maar aan die uitgang is echter nog steeds een ruissignaal aanwezig! Wel met een specifieke amplitude-verdeling, veroorzaakt door de specifieke eigenschappen van de te testen schakeling, maar niet zo maar in een-tweedrie analyseerbaar.

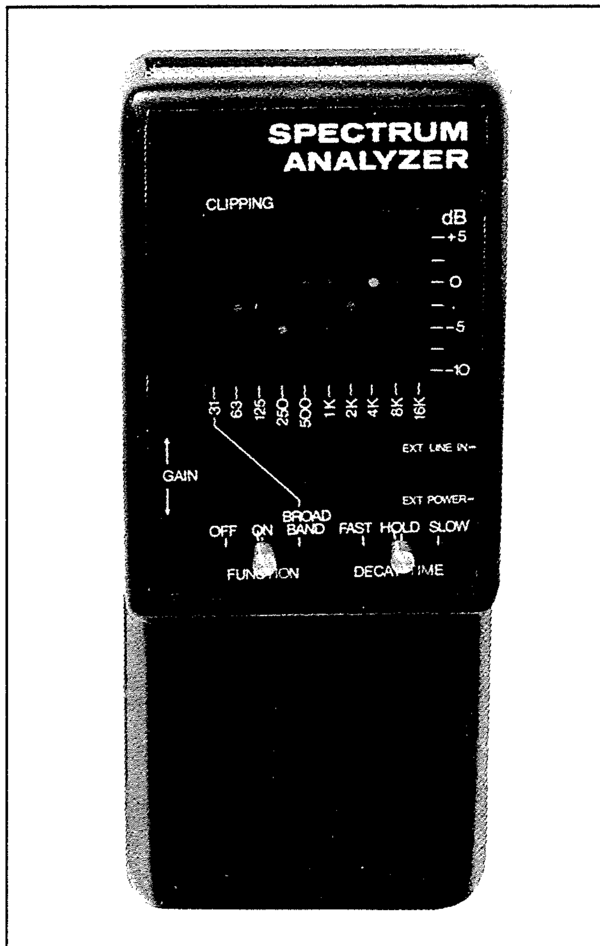
### Frequentie-analyse

Het komt er dus op neer het meetsignaal in frequentie te analyseren. Oftewel, het uitgangssignaal door een aantal zeer smalbandige banddoorlaat filters te voeren, de uitgangsspanningen van al deze filters gelijk te richten en deze gelijkgerichte spanningen zichtbaar te maken op een display. Vroeger moest dat hele proces hardwarematig uitgevoerd worden, tegenwoordig kan dat echter ook volledig softwarematig en wel voor vrij lage prijzen.

## Hardwarematige analyse

### Blokschema

De hardwarematige frequentie-analyse wordt uitgevoerd door meetapparaten, die men in het algemeen "LF spectrum analysers" noemt. In figuur 3/8.2.9-28 is een voorbeeldje van een dergelijk apparaatje gegeven. Het display bestaat uit een aantal LED-kolommen, die ieder een bepaalde frequentie vertegenwoordigen. Het door een ruisgenerator opgewekte rose ruis signaal wordt bijvoorbeeld aan een versterker aangeboden en de uitgang van de versterker wordt aangesloten op het apparaatje. In iedere kolom gaat een LED'je branden en het volledige display geeft een goede indruk van de amplitude/frequentie-karakteristiek van de versterker.
In de meeste gevallen wordt gebruik gemaakt van tien meetfrequenties en wordt de vertikale as van het display rechtstreeks geijkt in dB.
Het blokschema van een dergelijk apparaat is getekend in figuur 3/8.2.9-29. Het ingangssignaal wordt desgewenst eerst versterkt en dan aan een aantal (bijvoorbeeld tien) selectieve filters aangeboden.



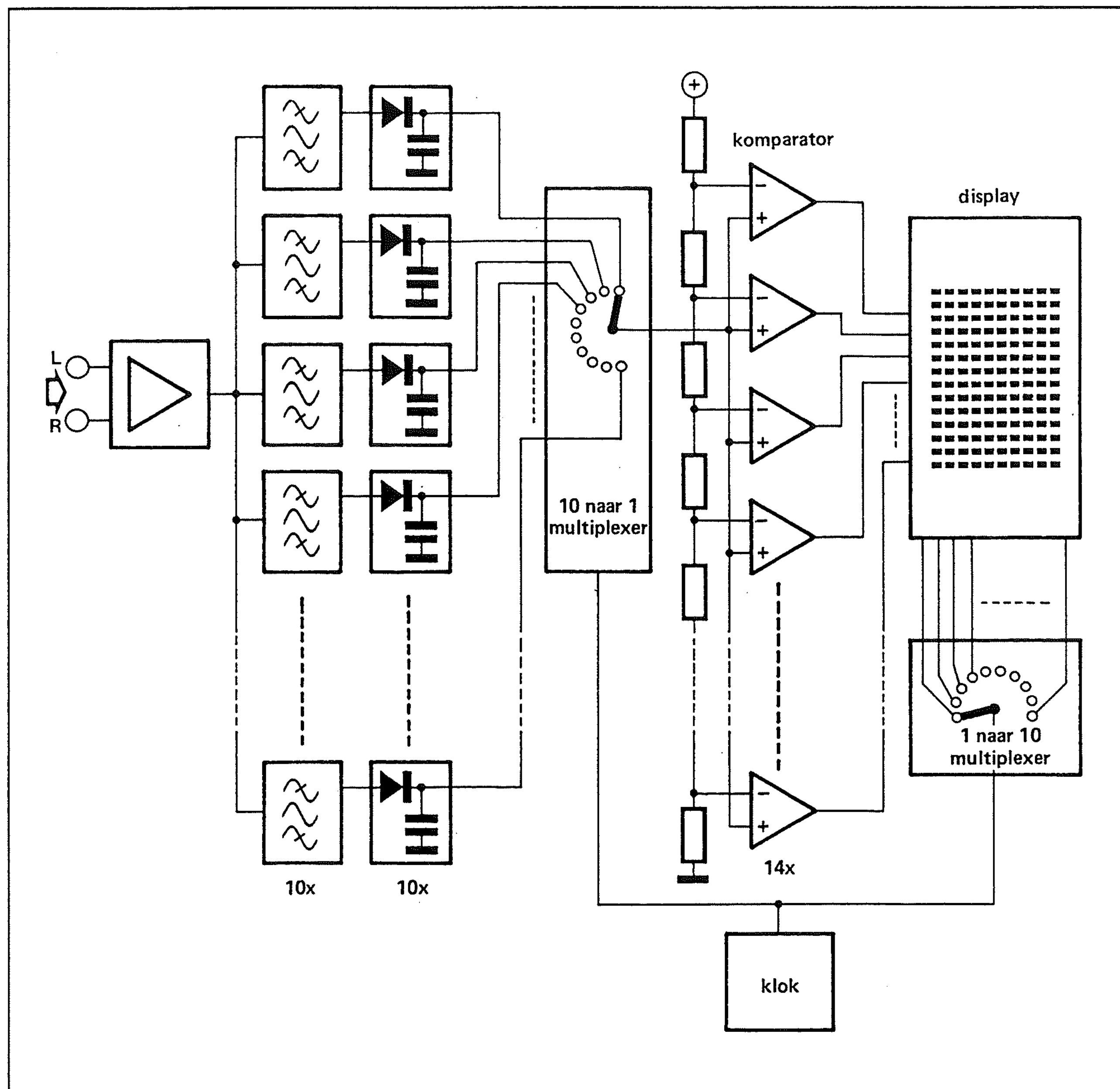

**Figuur 3/8.2.9-28:** Een commerciële audiofrequent spectrum analyser.

De uitgangsspanningen van deze filters worden gelijkgericht en de tien gelijkspanningen worden aangeboden aan een tien naar een multiplexer. Dat is niets meer of minder dan het elektronisch equivalent van een mechanische schakelaar met tien contacten. De uitgangsspanning van deze multiplexer wordt in een aantal comparatoren vergeleken met referentiespanningen. De uitgangen van de comparatoren sturen de horizontale lijnen van een matrix-display, samengesteld uit LED's. De vertikale lijnen van deze matrix worden gestuurd uit een één naar tien multiplexer en door deze elektronische schakelaar om beurt naar de massa getrokken. Kolom na kolom zal oplichten en in iedere kolom wordt het aantal oplichtende LED's bepaald door de uitgangsspanningen van de comparatoren. Hoe groter het momentele ingangssignaal van de comparatorbank, hoe meer LED's er in de actueel aangestuurde kolom zullen oplichten.
De twee multiplexers worden uiteraard synchroon gestuurd uit een klokoscillator.

**Zelfbouw**
Laagfrequent spectrum-analysers zijn een ware uitdaging voor de iets gevorderde doe-het-zelver. De toegepaste schakelingen zijn in principe vrij eenvoudig, er zijn echter wél zoveel van dergelijke basisschakelingen noodzakelijk dat het geheel toch een vrij uitgebreide klus wordt. Aan de hand van de in de volgende paragrafen behandelde principes moet het mogelijk zijn dat iedere ervaren doe-het-zelver een tien-kanaals spectrum-analyser bouwt.

**De bandfilters**
Als eerste punt de vraag waarom meestal slechts tien filters worden gebruikt, terwijl er een meetbaar spectrum van 20 Hz tot 20 kHz ter beschikking staat. Dat heeft een aantal oorzaken. Op de eerste plaats hebben de filters natuurlijk een bepaalde bandbreedte. Hoe meer filters men gebruikt, hoe kleiner de bandbreedte moet zijn. Men moet immers rekening houden met de overlapping van de weergavekarakteristieken van twee naast elkaar gelegen filters. Het ontwerpen van filters met smallere doorlaatband eist meer elektronica en als men er rekening mee houdt dat de praktische schakeling van een tienkanaals filter reeds 30 operationele versterkers bevat, zal het duidelijk zijn dat er praktische grenzen zijn.

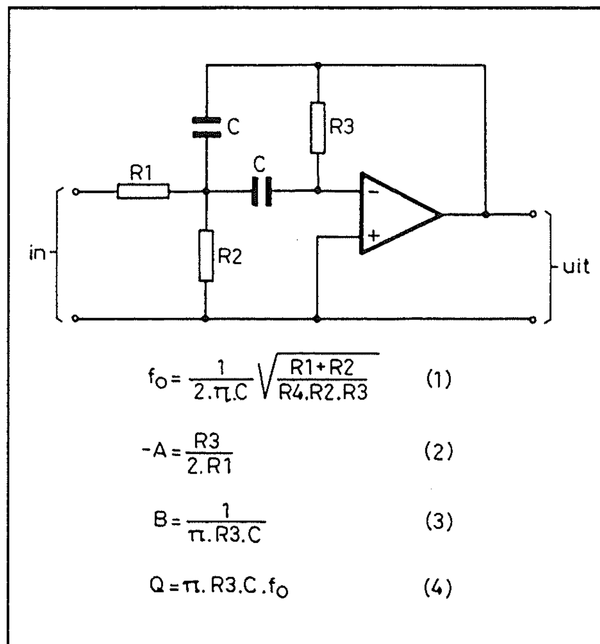
## 8.2 Meetapparatuur




**Figuur 3/8.2.9-29:** Het blokschema van een laagfrequent spectrum-analyser.

Vandaar de keuze voor octaaf filters, zodat ook bij gebruik van simpele schakelingen de overlapping wel meevalt.
De centrale frequenties van de tien filters worden dan:
- 31,5 Hz;
- 63 Hz;
- 125 Hz;
- 250 Hz;
- 500 Hz;
- 1 kHz;
- 2 kHz;
- 4 kHz;
- 8 kHz;
- 16 kHz.

Deze tien frequenties geven een vrij goed beeld van de totale weergavekarakteristiek van de te testen schakeling.



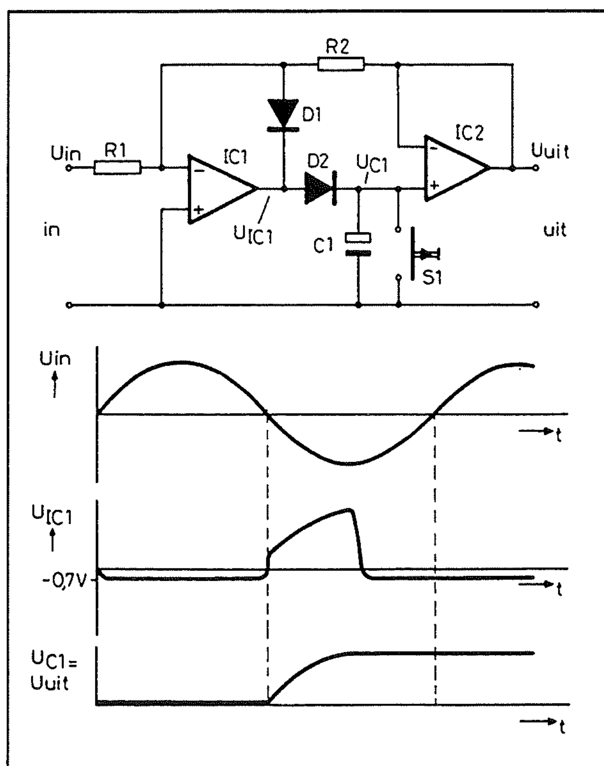

**Figuur 3/8.2.9-30:** Het basisschema van een bandfilter met alle relevante formules.

Op de tweede plaats zijn deze tien meetfrequenties vrij gestandaardiseerd in alle professionele apparatuur. Waarom dan van deze standaard afwijken?
In figuur 3/8.2.9-30 is de basisuitvoering van een bandfilter getekend. Het is een vrij simpele schakeling, waarvan zowat alle kenmerkende grootheden, zoals centrale frequentie $f_0$, versterking A, bandbreedte B en kwaliteitsfactor Q door een geschikte keuze van onderdelen rond de operationele versterker zijn vast te leggen. Bij het berekenen van de verschillende filters kan men van twee constante factoren uitgaan: de versterking en de kwaliteitsfactor. Als men bovendien voor iedere frequentie de waarde van de condensatoren vastlegt, heeft men een solide basis voor het berekenen van de diverse weerstandswaarden. Uit formule (4) in figuur 3/8.2.9-30 volgt onmiddellijk de waarde van R3, de berekening wordt het simpelst als de kwaliteitsfactor Q = 3,14 wordt gesteld.

Dan is:
**R3 = 1 / [C * fo]**
Nadien kan men de waarde van R1 berekenen, door de versterking bijvoorbeeld gelijk te stellen aan 5.
Uit formule (2) volgt:
**R1 = R3/10**
In principe kan men als volgende stap aan de hand van formule (1) de waarde van de weerstand R2 gaan berekenen. Dat is een hele klus en vandaar dat deze waarden sneller experimenteel bepaald kunnen worden. Hierop wordt later terug gekomen. Uiteraard berekent men voor R1 en R3 waarden die niet in de standaard E12-weerstandenreeks voorkomen. Het gebruik van 1 % weerstanden is tamelijk onzinnig als men rekening houdt met het feit dat de standaard MKH condensatoren een tolerantie van +5 % hebben! Vandaar dat het veel handiger is alle weerstanden in de praktijk samen te stellen uit twee in serie geschakelde 5 % weerstanden uit de E12-reeks en het filter op de gewenste centrale frequentie af te regelen door een deel van R2 als instelpotentiometer uit te voeren. Uit de formules van het toegepaste filter blijkt immers dat de waarde van R2 alleen maar voorkomt in de $f_0$formule. Het variëren van deze weerstand heeft geen invloed op de versterking en de kwaliteitsfactor.

**De detector**
De uitgangsspanningen van de octaaf filters zijn nog steeds wisselspanningen die niet geschikt zijn om op de een of andere manier te worden geregistreerd. Vandaar dat deze wisselspanningen moeten worden gelijkgericht, een werkje dat met een gerust hart aan een topdetector kan worden overgelaten. Het principe van deze schakeling is getekend in figuur 3/8.2.9-31. De schakeling is samengesteld uit een

topdetector IC1, een geheugencondensator C1 en een buffer IC2, die de condensator met een zeer hoge weerstand afsluit. De werking van de schakeling is als volgt. Als er een positieve halve periode van een wisselspanning wordt aangelegd, zal de uitgang van IC1 negatief willen worden. De diode D1 gaat geleiden en de uitgang van de eerste operationele versterker stelt zich in op een spanning van -0,7 V. Diode D2 spert, de spanning $U_{IC1}$ en dus ook de uitgangsspanning blijven nul. Bij een negatieve ingang wordt de uitgang van IC1 positief.




**Figuur 3/8.2.9-31:** Het schema van een topdetector met geheugencondensator.

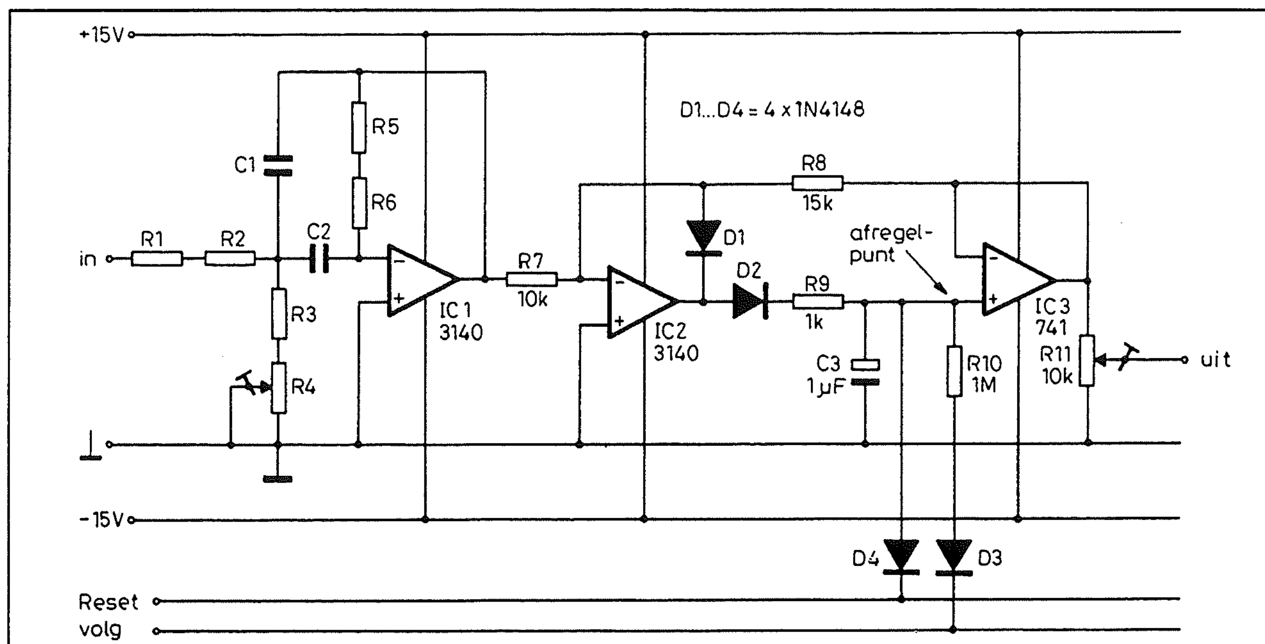
C1 wordt opgeladen en er verschijnt een positieve spanning op de uitgang. De waarde van deze spanning wordt bepaald door de verhouding van R2 tot R1. Zijn deze weerstanden aan elkaar gelijk, dan zal de uitgangsspanning het verloop van de ingangsspanning volgen tot aan de maximale waarde. Als de ingangsspanning weer gaat dalen, blijft de uitgangsspanning staan op de maximale waarde. Condensator C1 kan immers niet ontladen! De negatieve ingang van IC1 wordt nu positief (R2 koppelt meer positieve spanning van de uitgang terug dan R1 negatieve spanning aanvoert), zodat de uitgang van deze op-amp onmiddellijk naar -0,7 V gaat.

Conclusie: bij iedere negatieve top van de ingangsspanning gaat D2 even geleiden, tot de spanning over C1 in absolute waarde gelijk is aan de topspanning van de sinus aan de ingang. Als men de ingang van de schakeling niet stuurt met een mooie sinus, maar met de uitgangsspanning van een filter, dan zal de condensator worden opgeladen tot de grootste piek van de desbetreffende $f_0$ uit het ruissignaal.

De vraag kan gesteld worden waarom de topdetector is uitgerust met een geheugencondensator. Alle frequenties die in het ruissignaal voorkomen komen weliswaar allemaal aan de beurt gedurende een cyclus van het schuifregister, maar zij zijn niet allemaal op hetzelfde moment in het ruissignaal aanwezig.

Zou men detectoren zonder geheugenfunctie toepassen, dan zou men vaststellen dat met name de uitgangsspanningen van de lagere frequenties zeer onstabiel zouden zijn. Dat is logisch, want in de doorlaatband van bijvoorbeeld het 31,5 Hz filter zitten veel minder ruisfrequenties dan in de bandbreedte van het 16 kHz filter. De kans dat er enige honderden milliseconden voorbij gaan zonder lage frequenties, die de condensator van het 31,5 Hz filter weer opladen, is dus tamelijk groot.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.9-32:** Het schema van een vrijwel ideale schakeling voor één kanaal van een laagfrequent analyser.

Zonder geheugenfunctie zou deze condensator inmiddels alweer flink zijn ontladen, hetgeen het onrustige gedrag van de uitgangsspanning verklaart.

**Een volledig kanaal**

In figuur 3/8.2.9-32 is een goed bruikbaar praktisch schema van een filter/detectorkanaal getekend. Men kan nog enige extra's toevoegen. Op de eerste plaats de diode D4, verbonden met een gemeenschappelijke resetlijn. Legt men deze lijn aan de massa, dan worden alle filtercondensatoren ontladen. Op deze manier kan men de frequentie-analyser klaar maken voor het opmeten van een nieuwe karakteristiek. Op de tweede plaats kan men de geheugenfunctie uitschakelen door het overbruggen van de condensator met een weerstand van 1 MΩ (R10). De uitgangsspanningen van de filters/detectoren volgen dan het momentele frequentieverloop van het ingangssignaal van de filterbank, iets dat zeer nuttig is als men bijvoorbeeld de frequentie-inhoud van een muzieksignaal continu wil analyseren. De ontlaadweerstand wordt ingeschakeld door het via de scheidingsdiode D3 met massa verbinden van de "volg"-lijn. Op de derde plaats wordt de buffer afgesloten met instelpotentiometer R11. Met dit onderdeel kan men de toleranties van de versterkingsfactoren van de diverse filters compenseren, maar bijvoorbeeld ook eventuele afwijkingen in de -3 dB per octaaf karakteristiek van het rose ruis filter opvangen. De waarde van de frequentiebepalende onderdelen uit het schema van figuur 3/8.2.9-32 volgt uit de tabel van figuur 3/8.2.9-33.

**De comparatoren**

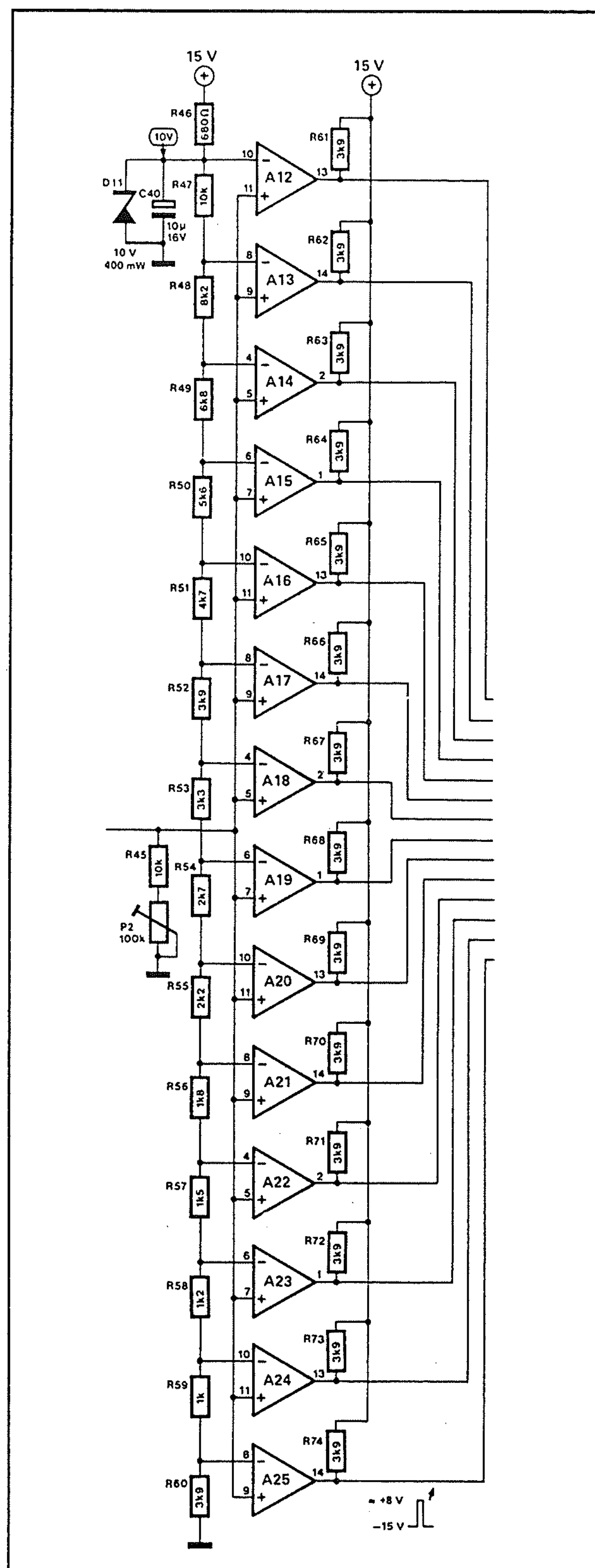
Uit het blokschema van figuur 3/8.2.9-29 volgt dat de overige schakelingen van een audio-analyser vrij eenvoudig zijn. Nog een woord over de comparatoren. Het is natuurlijk de bedoeling dat de vertikale as van de LED-display's wordt geijkt in dB.

**8.2 Meetapparatuur**

| Frequentie | C1 = C2 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31,5 Hz | 220 nF | 12 kΩ | 2,2 kΩ | 2,2 kΩ | 5 kΩ | 120 kΩ | 22 kΩ |
| 63 Hz | 100 nF | 12 kΩ | 3,9 kΩ | 2,2 kΩ | 5 kΩ | 120 kΩ | 39 kΩ |
| 125 Hz | 47 nF | 10 kΩ | 6,8 kΩ | 2,2 kΩ | 5 kΩ | 100 kΩ | 68 kΩ |
| 250 Hz | 22 nF | 10 kΩ | 8,2 kΩ | 2,2 kΩ | 5 kΩ | 100 kΩ | 82 kΩ |
| 500 Hz | 10 nF | 10 kΩ | 10 kΩ | 3,3 kΩ | 5 kΩ | 100 kΩ | 100 kΩ |
| 1 kHz | 4,7 nF | 18 kΩ | 3,3 kΩ | 3,3 kΩ | 5 kΩ | 180 kΩ | 33 kΩ |
| 2 kHz | 2,2 nF | 18 kΩ | 4,7 kΩ | 3,9 kΩ | 5 kΩ | 180 kΩ | 47 kΩ |
| 4 kHz | 1 nF | 10 kΩ | 16 kΩ | 3,3 kΩ | 10 kΩ | 100 kΩ | 150 kΩ |
| 8 kHz | 470 pF | 22 kΩ | 4,7 kΩ | 4,7 kΩ | 10 kΩ | 220 kΩ | 47 kΩ |
| 16 kHz | 220 pF | 10 kΩ | 18 kΩ | 4,7 kΩ | 10 kΩ | 100 kΩ | 180 kΩ |

**Figuur 3/8.2.9-33:** De waarde van de frequentiebepalende onderdelen uit het schema van figuur 3/8.2.9-32 voor tien verschillende frequenties.

De comparatorbank moet dan zo worden ingesteld dat aan deze eis wordt voldaan. In figuur 3/8.2.9-34 is een voorbeeldje gegeven van een bruikbare schakeling. De ingang is afkomstig van de tien naar een multiplexer uit het algemeen blokschema. Deze spanning wordt aangeboden aan de niet-inverterende ingangen van alle comparatoren. Er wordt gebruik gemaakt van viervoudige comparatoren van het type LM339. Met de instelpotentiometer R2 kan men de gevoeligheid van de schakeling instellen. De inverterende ingangen van de comparatoren zijn aangesloten op de knooppunten van een resistieve deler, samengesteld uit de weerstanden R46 tot en met R60. Deze wordt aan de bovenzijde gevoed door de zenerdiode D11. De verhouding tussen deze weerstanden is dusdanig berekend, dat de LED-schalen die op de uitgangen van de comparatoren worden aangesloten een lineaire dB-schaal hebben.
Hoewel de weerstandsdeler is samengesteld uit standaard E12 waarden, is de nauwkeurigheid van de schaal vrij groot. De gemiddelde stapgrootte bedraagt 1,44 dB met als maximum 1,80 dB en als minimum 1,30 dB.



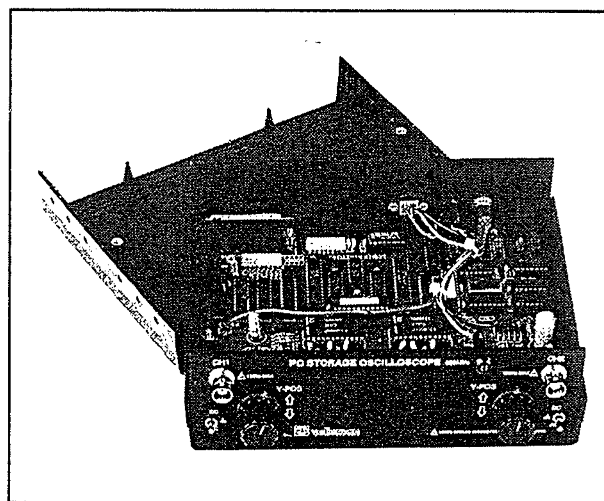

**Figuur 3/8.2.9-34:** Een comparator-schakeling met lineaire dB-schaal.

De veertien uitgangen van de comparatoren sturen, via drivers, alle anodes van de LED's die op een rij zitten. De kathoden van alle LED's die op een kolom van de matrix zitten worden met elkaar verbonden en gaan via de een naar tien multiplexer (zie algemeen blokschema van figuur 3/8.2.9-29) naar de massa.

**Besluit**
Aan de hand van de figuren 3/8.2.9-29 tot en met -34 zal iedere gevorderde doe-het-zelver in staat zijn een laagfrequent spectrum-analyser te bouwen. Een uitdaging van jewelste!

# Softwarematige analyse

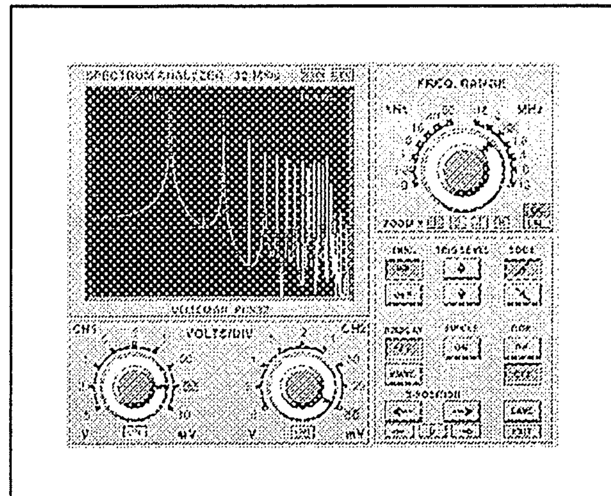
**FFT**
Tot slot nog enige informatie over de softwarematige frequentie-analyse. Het ruissignaal dat verschijnt op de uitgang van de te testen schakeling kan gedigitaliseerd worden. Dat betekent dat het met een vrij hoge frequentie bemonsterd wordt. De momentele waarde van het signaal wordt dan omgezet in een binaire code van bijvoorbeeld 16 bit. Al die binaire codes van een bemonsteringscyclus worden opgeslagen in een geheugen en bevatten natuurlijk nog steeds alle amplitude-informatie van het signaal. Maar men kan wiskundig aantonen dat deze monsters ook informatie bevatten over de frequentieverdeling van het signaal! Hiervoor zijn ingewikkelde algoritmen ontwikkeld, die door het leven gaan onder de naam "FFT", een letterwoord dat de afkorting is van "Fast Fourier Transformation". Laat men deze algoritmen los op de informatie in het geheugen, dan kan men hieruit een volledige amplitude versus frequentie karakteristiek berekenen. Het is nadien natuurlijk heel eenvoudig om, alweer volledig softwarematig, de berekende amplituden om te zetten in een dB-waarde ten opzichte van een bepaalde referentie-amplitude. Alle berekende gegevens kunnen dan onder de vorm van een grafiek op het scherm van een monitor worden gezet.




**Figuur 3/8.2.9-35:** De Velleman K7103 PC-oscilloscoop, met softwarematige frequentie-analyse.

**Bouwpakket**
Nog niet zo lang geleden waren dergelijke FFT-analysers heel duur. Een insteekkaart voor een PC met een éénkanaals FFT-analyser moest meer dan tweeduizend gulden opbrengen. Tegenwoordig kan men echter al voor ongeveer *f* 500,00 een Velleman-bouwpakket kopen van een PC-oscilloscoop, waarbij software geleverd wordt die FFT op het signaal toepast. Dit apparaatje wordt in figuur 3/8.2.9-35 voorgesteld. Het bevat een twee-kanaals oscilloscoop met een bemonsteringsfrequentie van maximaal 32 MHz en een resolutie van 8 bit per monster. De gegevens worden in twee 4 kB grote geheugenbanken opgeslagen en de bemonsterde

gegevens worden via de parallelle poort aan de PC aangeboden.
Tot slot geeft figuur 3/8.2.9-36 een impressie van de manier waarop de bijgeleverde software de gegevens van de FFT-analyse op het beeldscherm van de PC zet.



**Figuur 3/8.2.9-36:** Schermbeeld van de spectrum-analyser van het bouwpakket van Velleman.

# 3/8.2.10

# Computergestuurde meetapparatuur

## Inleiding

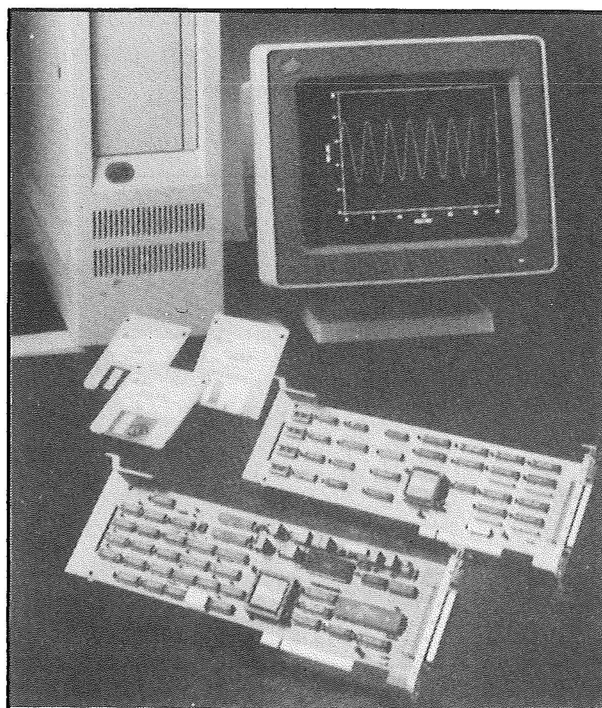
### Meten met de computer

Een computer is, met zijn groot geheugen en grote rekencapaciteit, een ideaal instrument voor het uitvoeren en bewerken van elektrische metingen. Er zijn dan ook een groot aantal uitbreidingskaarten of -apparaten op de markt, waarop men een of meerdere analoge elektrische spanningen kan aansluiten. Deze kaarten of apparaten bevatten versterkers, elektronische schakelaars, een sample-and-hold schakeling en een analoog naar digitaal omzetter. Met deze laatste twee schakelingen worden de analoge ingangsspanningen bemonsterd en omgezet in digitale codes. Deze codes worden nadien in het geheugen van de computer opgeslagen en staan ter beschikking voor het uitvoeren van metingen en berekeningen.
Hoewel er voor alle soorten computers meetuitbreidingen worden geleverd zullen wij ons beperken tot het MS.DOS systeem. Dit systeem is immers een de facto standaard geworden en PC's zijn tegenwoordig reeds voor *f* 2.000,00 te koop. Bovendien beschikken de meeste doe het zelvers tegenwoordig over een PC-kloon!

### Uitbreidingskaarten

De meeste uitbreidingskaarten zijn ondergebracht op een volle 30,5 cm bij 11,5 cm slotkaart en kunnen in ieder systeem dat over voldoende voedingsreserve beschikt worden aangebracht.
Afhankelijk van de elektronica die op de kaart aanwezig is moet men rekenen op prijzen tussen de *f* 1.000,00 en de *f* 10.000,00!

Als voorbeeld zijn in figuur 3/8.2.10-1 twee kaarten voorgesteld die door Analog Devices in de handel worden gebracht.



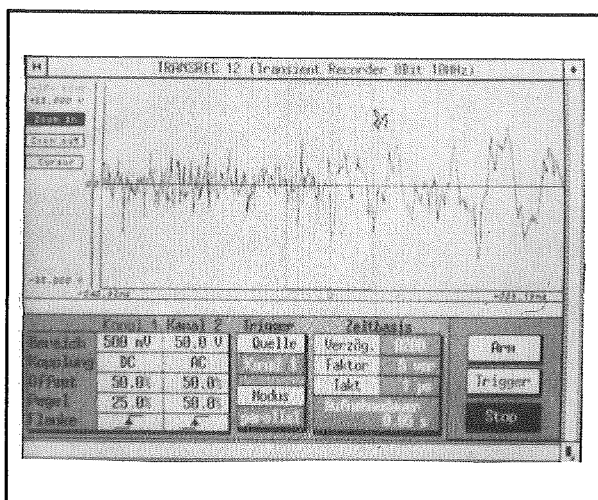
**Figuur 3/8.2.10-1:** Twee uitbreidingskaarten van Analog Devices.

**8.2 Meetapparatuur**

Alle uitbreidingskaarten worden geleverd met de nodige software. Er zijn daarbij echter twee verschillende systemen.

- Bij sommige kaarten wordt een volledig menugestuurd softwaresysteem geleverd, waarmee men "echte meetinstrumenten" op het scherm kan simuleren. Men kan dan kiezen tussen opties zoals "oscilloscoop", "sampler", "spectrum analyser". Na selectie van bijvoorbeeld de optie "oscilloscoop" verschijnt een beeld op het scherm dat doet denken aan de frontplaat van een echte oscilloscoop. De "bedieningsorganen" zijn in te stellen met de muis of met het toetsenbord.
  De gedigitaliseerde meetgegevens verschijnen op het "scherm" van de "oscilloscoop". Overigens zijn de "bedieningsorganen" geen knoppen, maar vensters op het scherm waarin de verschillende instellingen verschijnen.

  Figuur 3/8.2.10-2 geeft als voorbeeld de schermopbouw van een transiënt recorder van Siemens.




**Figuur 3/8.2.10-2:** Het scherm als men het meetinstrument "transiënt recorder" met de computer simuleert.

- Bij het tweede systeem wordt een losse verzameling softwareroutines, waarmee men berekeningen op de gegevens kan uitvoeren, geleverd. Te denken valt daarbij aan het bepalen van maximum en minimum waarden, digitale filtering, spectrumanalyse volgens FFT en statistische berekeningen. Het presenteren van de digitale gegevens en de meetresultaten is echter iets dat de gebruiker zélf moet doen. Dat vereist grondige programmeerkennis en nogal wat inzicht in meettechnieken en -procedures.

**Externe apparaten**

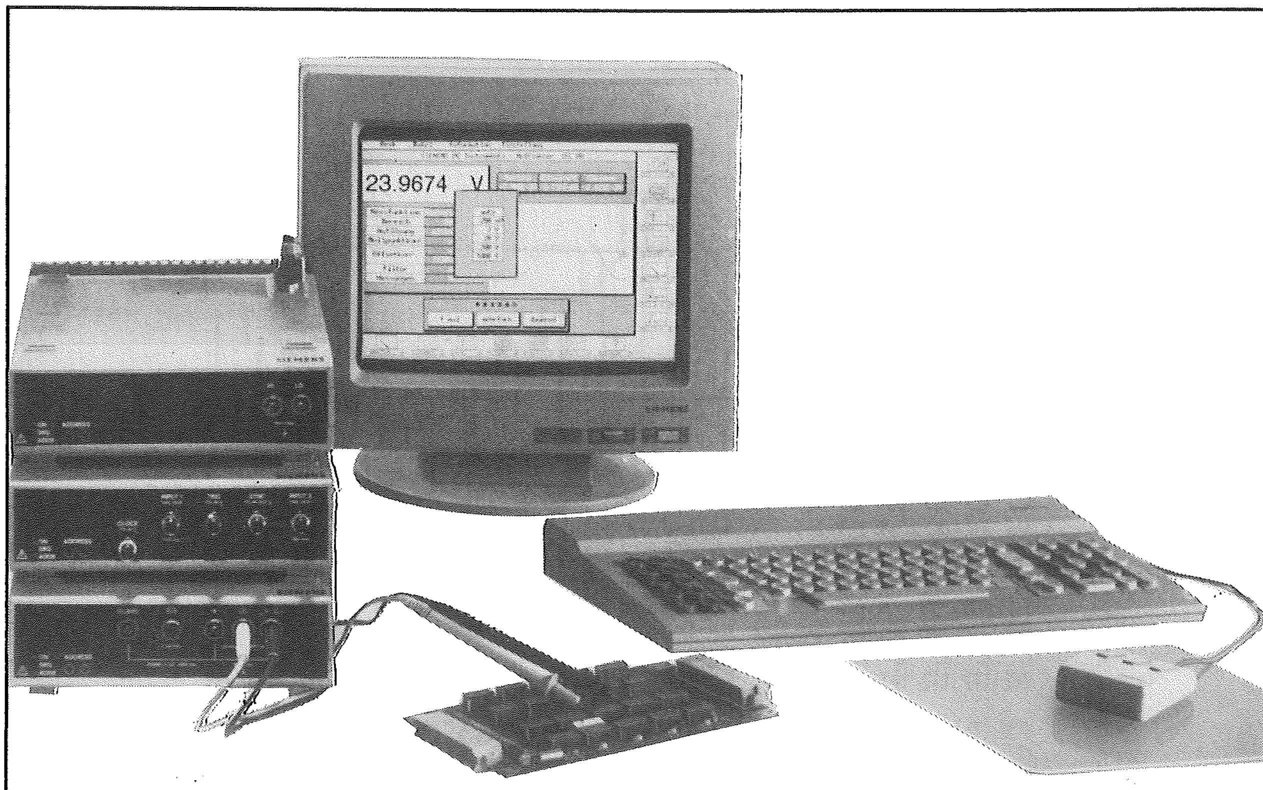
De externe apparaten zien er uit als echte meetinstrumenten. Zij worden meestal via de seriële poort met de PC verbonden. Een voorbeeld van zo'n systeem is gegeven in figuur 3/8.2.10-3. Ieder kastje bevat een bepaald instrument, zoals een geheugenoscilloscoop of een spectrum analyser. In de meeste gevallen is de software aanwezig onder de vorm van een EPROM-programma.

**Prijs- en kwaliteitsverschillen**

Het grote verschil in prijs tussen de ene en de andere uitbreidingskaart wordt voornamelijk veroorzaakt door de zorg die men aan de analoog naar digitaal omzetter heeft besteed. Goedkope apparaten werken met een trage acht bit brede omzetter. Met spreekt dan van een resolutie van 8 bit.

De analoge ingangsspanning kan dan in 256 stappen gedigitaliseerd worden. Dat is goed genoeg voor een oscilloscoop, maar absoluut onbruikbaar als men het verloop van de meetspanning heel precies in functie van de tijd wil meten. Men zal dan 12 of zelfs 16 bit brede omzetters moeten inzetten!

**8.2 Meetapparatuur**



**Figuur 3/8.2.10-3:** Externe meetapparaten die op een van de poorten van de PC worden aangesloten.

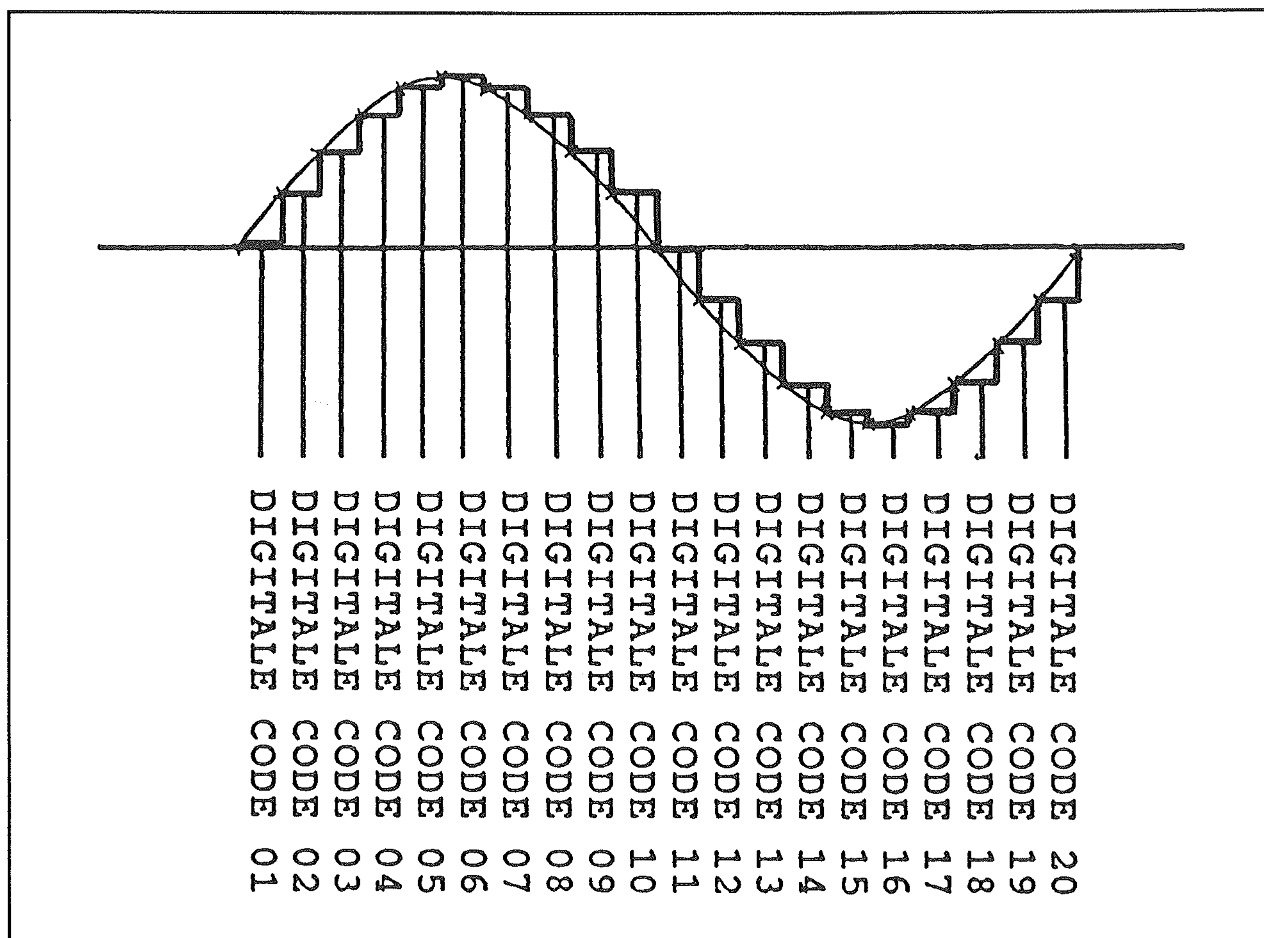
Een tweede belangrijk gegeven is de zogenaamde conversiesnelheid. Deze grootheid bepaalt hoe lang het duurt alvorens een monster van de analoge ingangsspanning is omgezet in een digitale code. Het zal duidelijk zijn dat men geen ADC kan gebruiken met een conversiesnelheid van 100 µs als men een scoop met een bandbreedte van 20 MHz wil maken! Gewone digitaal naar analoog omzetters schieten dan te kort en men zal een beroep moeten doen op heel dure zogenaamde flashomzetters.

In de volgende twee paragraafjes worden deze twee belangrijke kwaliteitscriteria nader toegelicht.

**De resolutie**

Stel dat aan de ingang van de uitbreidingskaart een sinusvormig verlopende spanning (de dunne lijn in figuur 3/8.2.10-4) wordt aangeboden. De momentele waarde van dit signaal wordt op regelmatige tijdstippen even opgeslagen in een condensator. Daarvoor staan speciale sample-and-hold schakelingen (S&H) ter beschikking. Het vloeiende verloop van de sinusvormige spanning wordt als het ware omgezet in een trapvormig verlopend signaal, waarbij de trapjes de vorm van het oorspronkelijke signaal zo goed mogelijk benaderen.

Een tweede schakeling, de analoog naar digitaal omzetter of ADC, zet ieder trapje om in een digitale code. Als deze schakeling met codes van 8 bit werkt, dan kunnen er 256 codecombinaties worden gevormd.
Iedere combinatie vertegenwoordigt een bepaalde spanningswaarde.




**Figuur 3/8.2.10-4:** Het bemonsteren van een analoge spanning door middel van een S&H en een ADC.

De ADC bepaalt nu voor ieder trapje de code waarvan de spanningswaarde het dichtst bij de echte spanning van het trapje ligt.
De vorm van het oorspronkelijke analoge signaal wordt op deze manier omgezet in een groot aantal 8 bit brede digitale codes, die in het geheugen van de PC kunnen worden ingelezen.

De software is in staat aan de hand van deze codes de oorspronkelijke vorm van het signaal weer zo goed mogelijk op het scherm van de monitor te reconstrueren. Uiteraard zal het beeld niet vloeiend verlopen, maar zijn samengesteld uit even veel trapjes als waarmee de combinatie S&H/ADC het oorspronkelijke signaal bemonsterd heeft.

De nauwkeurigheid van het beschreven bemonsteringproces hangt af van de resolutie van de ADC. Als de schakeling een ingangsspanningsbereik van 10 V heeft dan zal het minimale spanningsverschil dat nog te detecteren valt bij een 8 bit schakeling gelijk zijn aan 10 V gedeeld door 256 is gelijk aan 39 mV. Spanningsveranderingen in het ingangssignaal die in deze grootte-orde liggen zullen dus geen codeverandering tot gevolg hebben. Het zal dus duidelijk zijn dat het met een 8 bit brede ADC onmogelijk is een digitale voltmeter met een resolutie tot op 1 mV

te realiseren! De uitlezing van zo'n meter zou in dit geval beperkt moeten blijven tot 256 mV of 2,56 V.

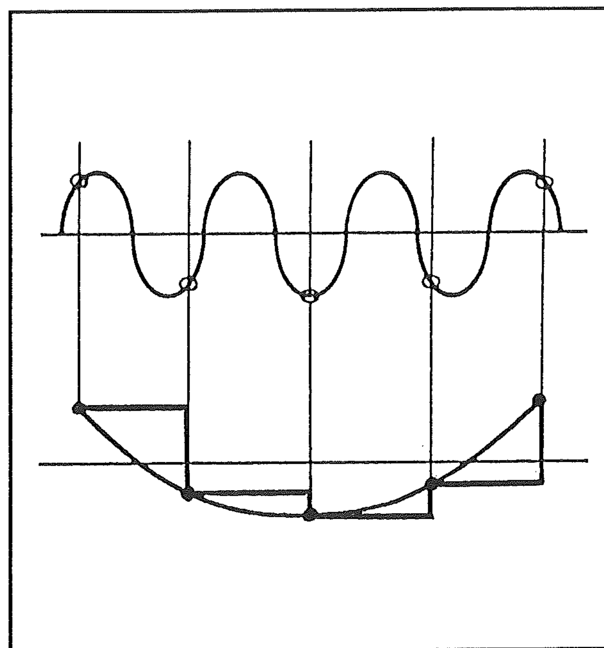
**Conversiesnelheid**
Hoe meer monsters er per seconde worden genomen, hoe nauwkeuriger het analoge signaal zal worden omgezet in een digitale representatie. Dat aantal monsters per seconde bepaalt ook de maximale frequentie van de signalen die nog interpreteerbaar verwerkt kunnen worden. Als een systeem bijvoorbeeld 10.000 monsters per seconde neemt, dan zal een signaal met een frequentie van 1 kHz tien keer per periode bemonsterd worden. De originele sinusvorm wordt dus door slechts tien stapjes benaderd, weinig maar toch nog interpreteerbaar als het signaal een regelmatige vorm heeft zoals een sinusvormig verloop.

Maar een signaal met een frequentie van 10 kHz zal slechts één maal per periode bemonsterd worden! Het is absoluut onmogelijk de originele signaalvorm te herkennen!

De samplefrequentie wordt in hoofdzaak bepaald door de conversiesnelheid van de ADC.
Dat is de tijd die de ADC nodig heeft om de waarde van het monster van de analoge spanning om te zetten in een digitale code. Uiteraard geld dat snelle ADC's veel duurder zijn dan traag werkende schakelingen.

Een belangrijk verschijnsel in dit kader dat zeker niet ongenoemd mag blijven staat bekend onder de naam "aliasing error".
Dit verschijnsel wordt toegelicht aan de hand van figuur 3/8.2.10-5.

Een sinusvormig signaal met een frequentie die ongeveer gelijk is aan de samplefrequentie van de S&H zal in iedere periode op een iets andere plaats bemonsterd worden.
Het gevolg is dat het herwonnen signaal op het scherm er heel anders kan uitzien dan het originele signaal! In het getekende voorbeeld lijkt het net alsof er een sinusspanning met een zeer lage frequentie werd gemeten.



**Figuur 3/8.2.10-5:** Het verschijnsel "aliasing error" grafisch toegelicht.

**Te duur voor de doe het zelver?**
De meeste kaarten en externe apparaten zijn ontwikkeld voor professionele toepassingen en veel te duur voor het hobbywerk. Sinds kort wordt er echter door de firma TiePie Engineering een zogenaamde "Handyprobe" op de markt gebracht. Met dit kleine, in de hand te houden apparaatje kan men vijf traditionele meetinstrumenten simuleren op iedere PC. Het apparaatje kost, inclusief de noodza-

kelijke software, nog geen vierhonderd gulden.
In de rest van dit hoofdstuk zullen de mogelijkheden van dit apparaatje uitvoerig besproken worden. Zo krijgt men niet alleen een goede indruk of men dit apparaat in de praktijk kan gebruiken, maar ook een idee van hoe ook de duurdere computergestuurde meetsystemen in het algemeen werken.

# De HandyProbe van TiePie Engineering

### Inleiding

Door TiePie Engineering, een in de buurt van Leeuwarden gevestigd bedrijf, wordt voor *f* 399,00 een revolutionair alternatief voor de klassieke meetkaarten en -apparaten aangeboden.
Deze HandyProbe bevat alle reeds genoemde elektronica, echter niet ondergebracht op een traditionele uitbreidingskaart maar in een klein kastje van ongeveer 10 x 4 x 2 $cm^3$! Uit de foto van figuur 3/8.2.10-6 krijgt men een indruk van de afmetingen van dit zonder enig probleem in de hand te houden kastje.

De probe kan aangesloten kan worden op de op iedere PC aanwezige parallelle Centronics-poort. De probe is daartoe voorzien van een vrij dikke kabel met een mannelijke gestandaardiseerde Centronics-connector. Het enige dat men moet doen om de probe in het systeem op te nemen is de connector van de matrixprinter, die ongetwijfeld op de poort is aangesloten, uit het chassisdeel te trekken en te vervangen door de connector van de probe.

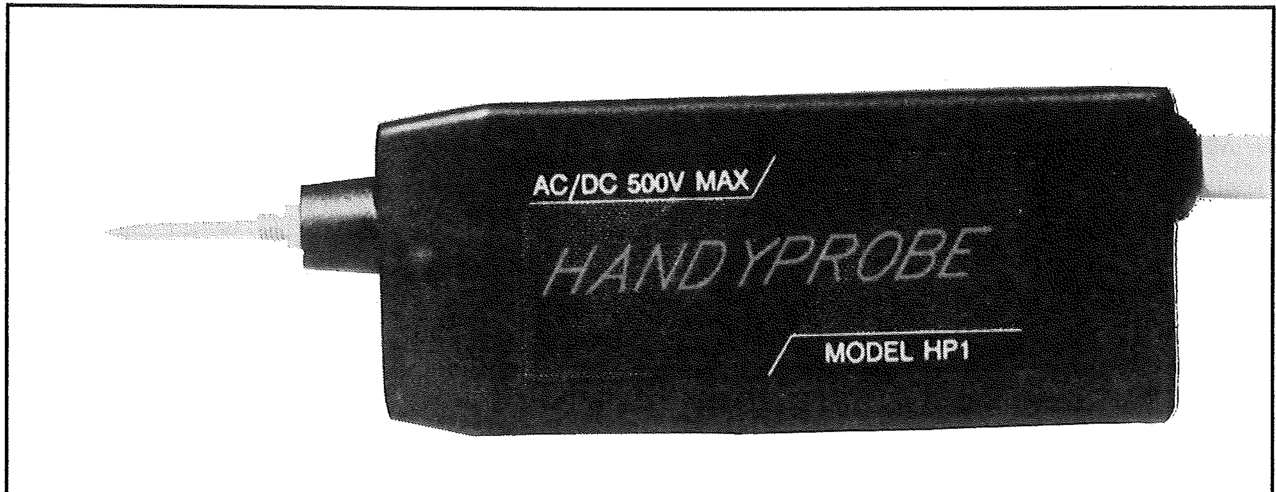
De gebruikersvriendelijkheid van de probe wordt ten top gedreven door de bijgeleverde software. Deze bevat niet alleen de reeds genoemde routines voor het be- en verwerken van de gegevens.
Daarnaast is een soort grafische presentatieschil aanwezig, die de frontplaten van echte meetinstrumenten op het scherm van de monitor simuleert en er de gegevens op de bij deze meetinstrumenten gebruikelijke manier op intekent.

### De beschikbare meetinstrumenten

De HandyProbe is een multifunctioneel meetinstrument, dat de volgende elektronische meetinstrumenten simuleert:
- een real time oscilloscoop, waarmee men het momentele spanningsverloop in functie van de tijd van signalen met een frequentie tot ongeveer 10 kHz op het scherm kan zetten;
- een geheugen oscilloscoop, waarmee men het verloop van een spanning op het scherm kan bevriezen en er nadien metingen op kan uitvoeren;
- een spectrum analyser, waarmee men de frequentiesamenstelling van signalen kan onderzoeken;
- een digitale voltmeter, waarmee men de echte effectieve waarde, de top-tot-top waarde en de gemiddelde waarde van een spanning kan meten;
- een transiënt recorder, waarmee men het verloop in de tijd van zeer langzaam variërende spaningen kan zichtbaar maken.

### Het HandyProbe pakket

Het volledige pakket bevat:
- de HandyProbe zélf;
- een 5,25 inch diskette;
- een nederlandstalige ongeïllustreerde handleiding van 40 pagina's.




**Figuur 3/8.2.10-6:** De HandyProbe van TiePie Engineering.

**Het installeren van de HandyProbe**
Zoals reeds gezegd moet de HandyProbe worden aangesloten op de parallelle Centronics-poort van de computer. Enerzijds is dat handig omdat men de PC niet moet open schroeven. Anderzijds is dat echter heel vervelend, omdat zeker 95 % van de PC's zijn uitgerust met een matrixprinter die via dezelfde poort zijn gegevens ontvangt.
Nu is het weliswaar bij het werken met de HandyProbe niet noodzakelijk dat de printer op het systeem is aangesloten. Alle schermbeelden kunnen namelijk als printfile naar een schijf gestuurd worden en nadien uitgeprint met de DOS-opdracht

**TYPE file > PRN:**

Maar deze afdrukken zijn paginagroot en moeten in de praktijk flink verkleind worden, waardoor er van de dunne lijntjes niet veel lees- of drukbaars overblijft!

**Printer en HandyProbe op systeem**
Gelukkig biedt de software de mogelijkheid op ieder gewenst moment door middel van de bekende toetscombinatie SHIFT + PrtSc het interessante deel van het scherm rechtstreeks naar de printer te sturen.

Dat vereist echter wel dat zowel de HandyProbe als de printer aanwezig zijn! Er zijn drie oplossingen.
- Men plugt voortdurend de connectoren van HandyProbe en printer om. Een niet aan te bevelen oplossing omdat het in het algemeen ten zeerste is af te raden randapparatuur op de PC aan te sluiten als het systeem onder spanning staat.
- Men maakt gebruik van een printerswitch, waarmee men twee apparaten met Centronics-connector op de PC kan aansluiten.
  Men kan dan echter alleen zuiver mechanisch werkende omschakelaars gebruiken! De HandyProbe gebruikt namelijk de Centronics-connector zowel voor het versturen als voor het ontvangen van gegevens en niet alle elektronisch werkende printerswitches kunnen deze twee richtingen communicatie verwerken.
- Men koopt een klein uitbreidingskaartje, waarmee de door MS-DOS onder-

steunde tweede parallelle poort LPT2 ook fysisch aanwezig is en bruikbaar wordt.
Men sluit dan de printer aan op de standaard poort en de HandyProbe op de tweede poort.

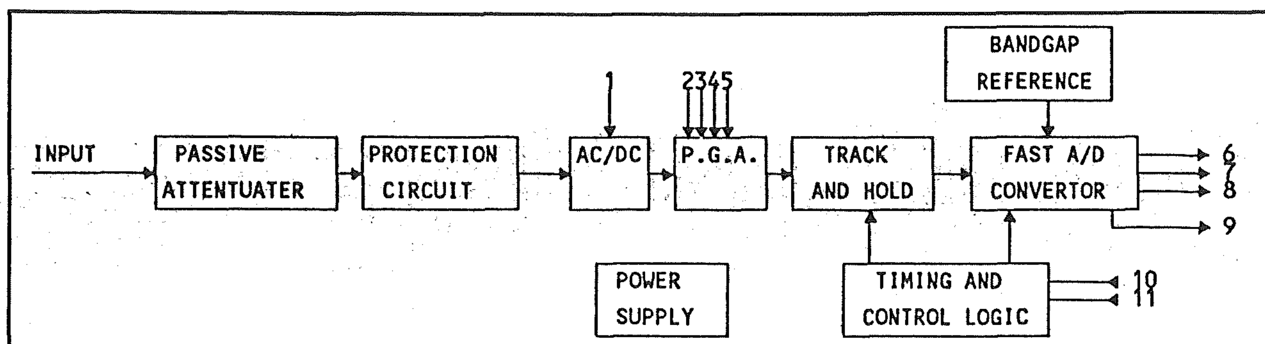
**De bijgeleverde software**
De schijf bevat de volgende files:
- HP.EXE:
  Het eigenlijke programma, waarmee de HandyProbe wordt bestuurd en uitgelezen en waarmee de gegevens op het scherm komen;
- HP_HELP.NL:
  Een file die de teksten bevat voor de tientallen helpschermen die men in iedere functie door toets F1 te bedienen in een popup-venster op het scherm krijgt;
- xxx.OVL:
  Een aantal files waarvan de functie niet wordt toegelicht in de handleiding;
- TEXT.TXT:
  Een file die de drie regels tekst bevat die men aan een printout als commentaar kan toevoegen;
- xxx.DAT en xxx.GEG:
  Files, waarmee men op ieder gewenst moment de instellingen van het actieve meetinstrument en de gegevens die op dat moment op het scherm staan kan bewaren voor later gebruik;
- xxx.SET:
  Files waarin men de instellingen van de "bedieningsknoppen" van de meetinstrumenten kan bewaren en die gebruikt kunnen worden bij het opstarten van het systeem;
- xxx.PRN:
  De files die gebruikt worden voor het naar schijf printen van schermen en die later vanuit MS-DOS naar de printer gestuurd kunnen worden.

**Het opstarten van de HandyProbe**
Er bestaan twee systemen om de HandyProbe te starten.

- HP
  Na intoetsen van deze instructie zal het programma geladen worden en zal de real time oscilloscoop met de standaard instellingen op het scherm verschijnen.
- HP CODE FILE
  Met deze instructie kan men opstarten met een bepaald door CODE bepaald meetinstrument en met bepaalde door FILE bepaalde instrument instellingen.
  CODE moet men vervangen door SCOPE, HOLD, SPECTRUM, VOLT of TRANS. FILE moet men vervangen door de XXX.SET-file waarin de gewenste instellingen zijn bewaard.

**Automatische installatie**
Bij het laden van HP.EXE zal de software drie eigenschappen van het systeem opzoeken en zichzelf daaraan aanpassen.

- HP.EXE onderzoekt of het systeem is uitgerust met een grafische kaart van de typen HERCULES, CGA, MCGA, EGA of VGA, installatie is dus niet nodig.
- Daarnaast onderzoekt de software op welke parallelle poort de HandyProbe is aangesloten.
- Tot slot zoekt de software de kloksnelheid op waarmee de processor in de PC werkt.
  Dat is noodzakelijk omdat de tijdbasis van de meeste instrumenten daarvan is afgeleid.
  Bovendien zal de snelste tijdbasissnelheid van de oscilloscoop (0,5 ms/div) worden uitgeschakeld bij een trage processor.




**Figuur 3/8.2.10-7:** Het blokschema van de HandyProbe.

# De elektronica van de HandyProbe

**Het blokschema van de HandyProbe**
Het blokschema van de HandyProbe is getekend in figuur 3/8.2.10-7.

Het apparaatje heeft geen bedieningsknoppen, maar moet toch in staat zijn zowel spanningen van slechts enige tienden van een volt als signalen van verschillende honderden volt goed te verwerken. Vandaar dat de eerste twee trappen noodzakelijk zijn om ervoor te zorgen dat de schakeling heel blijft als men bijvoorbeeld de HandyProbe met de 220 V van het net verbindt. De "PASSIVE ATTENUATOR" en het "PROTECTION CIRCUIT" beveiligen de probe tegen te grote spanningen door het verzwakken van het ingangssignaal.
Nadien volgt een elektronische omschakelaar "AC/DC" waarmee een condensator in het circuit ingeschakeld kan worden.
Dit onderdeel blokkeert gelijkspanningen als het de bedoeling is alleen wisselspanningen te meten. Deze schakelaar wordt gestuurd uit het DATA-4 signaal van de Centronics-interface.

Nadien volgt een PGA, een Programmable Gain Amplifier. Deze schakeling wordt gestuurd uit de DATA-0 tot en met DATA-3 lijnen van de Centronics-interface. Als deze lijnen L worden zal de programmeerbare versterker een versterkingsfactor inschakelen van respectievelijk 2, 10, 2 en 0,1. Door op deze vier lijnen codecombinaties te zetten van L en H kan men in totaal tien versterkingsfactoren selecteren. De bandbreedte van deze versterker bedraagt 50 kHz.

Na de versterker volgt de sample-and-hold, hier om de een of andere reden "TRACK AND HOLD" genoemd. Deze schakeling heeft een bandbreedte van 500 kHz en zorgt voor het bemonsteren van de ingangsspanning.

De "FAST A/D CONVERTOR" is de acht bit ADC van het systeem. Deze schakeling werkt met een conversietijd van 2 µs, hetgeen een samplefrequentie van 500 kHz mogelijk maakt.
De acht data-uitgangen van de ADC worden in groepen van vier in de computer ingelezen. Gebruik wordt gemaakt van de Centronics-lijnen ACKNOWLEDGE, PAPER EMPTY en SELECTED. Drie lijnen die normaal door de printer worden gebruikt om informatie over het printproces

naar de interface te sturen, maar nu op een handige manier gebruikt worden om acht bit brede data in te lezen! Als vierde datalijn wordt gebruik gemaakt van pen 15 van de connector, een aansluiting die in de Centronics-standaard niet gedefinieerd is.

De S&H en de ADC zullen niet uit zichzelf een bemonsteringsproces starten, maar moeten daartoe een opdracht krijgen. Er is dus een "TIMING AND CONTROL LOGIC" nodig om dit proces in goede banen te leiden.
Dit blok wordt bestuurd uit de Centronics-signalen DATA STROBE en AUTO FEED.

Tot slot de voeding. Er staat op de Centronics-connector geen voedingspanning ter beschikking.
Dit probleem heeft men opgelost door de datalijnen DATA-5, DATA-6 en DATA-7 steeds H te houden en uit deze drie spanningen van +2,4 tot +4 V door middel van een geïntegreerde spanningsomvormer (POWER SUPPLY) spanningen van +5 en -5 V af te leiden.

# De presentatie op het scherm

### Inleiding

De manier waarop de meetinstrumenten op het scherm van de monitor worden gesimuleerd is zeer gebruikersvriendelijk. Als voorbeeld is in figuur 3/8.2.10-8 het volledige scherm gegeven als de transiënt recorder is ingeschakeld. Deze vormgeving geldt ook voor de andere instrumenten.

Op de bovenste regel worden instellingen en numerieke meetresultaten van de "lijnenkruis methode" (zie later) genoteerd. Daaronder is het "scherm" of "display" van het instrument, waarin de meetgegevens grafisch verschijnen.

De onderste drie regels zijn gereserveerd voor het menu, waarmee alle instellingen van het instrument en de opties geselecteerd kunnen worden. Na selectie van een optie of een instelling verschijnt een popup-venstertje over het beeld, waarin de mogelijkheden van de menuselectie verschijnen. Voor iedere menuselectie staat een helpvenster ter beschikking, dat over het beeld wordt geprojecteerd na druk op F1.

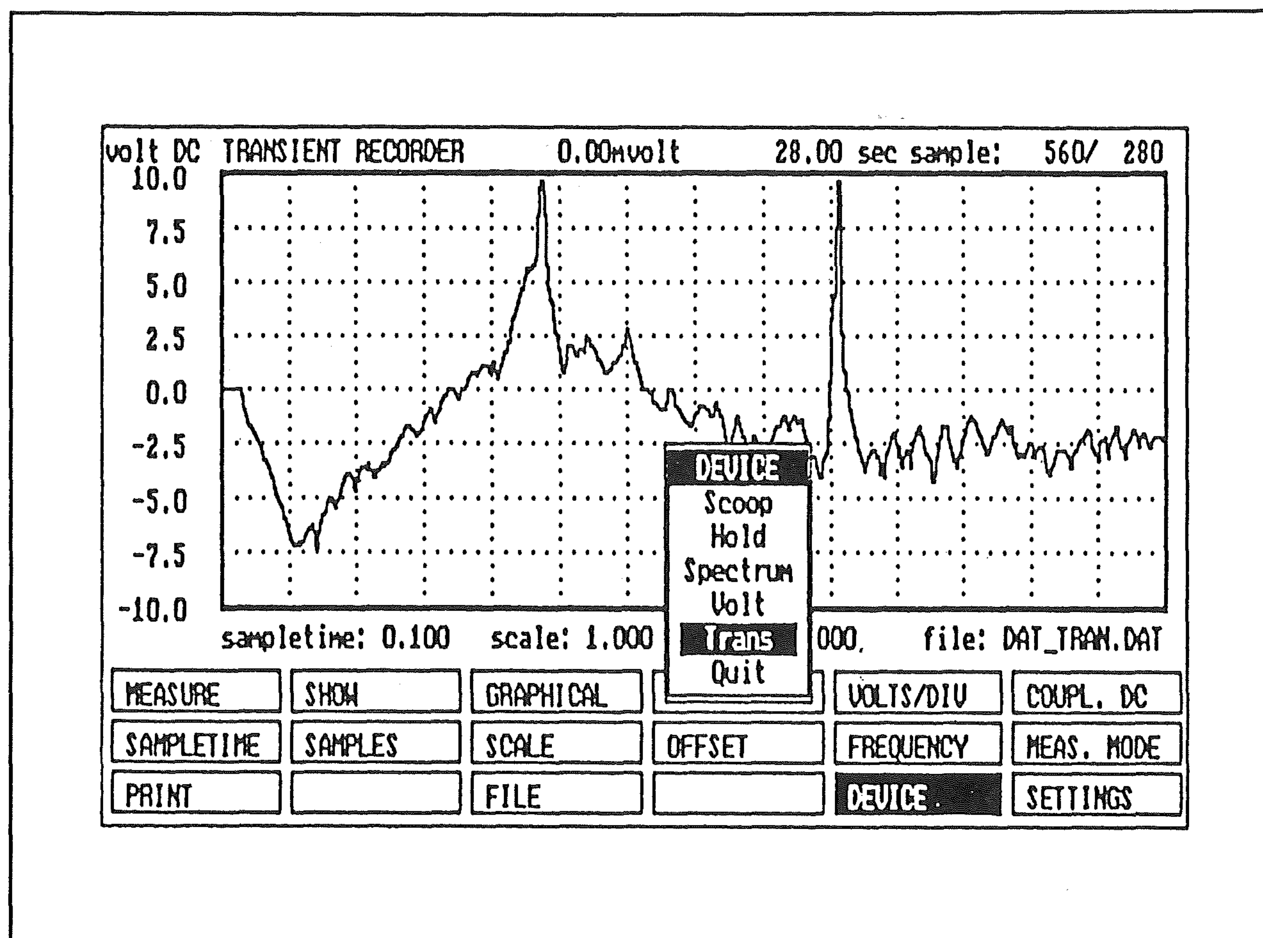
### Selecteren van de menu-opties

De menu-opties worden geselecteerd met de cursortoetsen, de geselecteerde optie wordt diapositief weergegeven. Na druk op ENTER verschijnt het betreffende popup-venstertje.
Ook nu kan men met de cursortoetsen een instelling kiezen en met ENTER bevestigen.

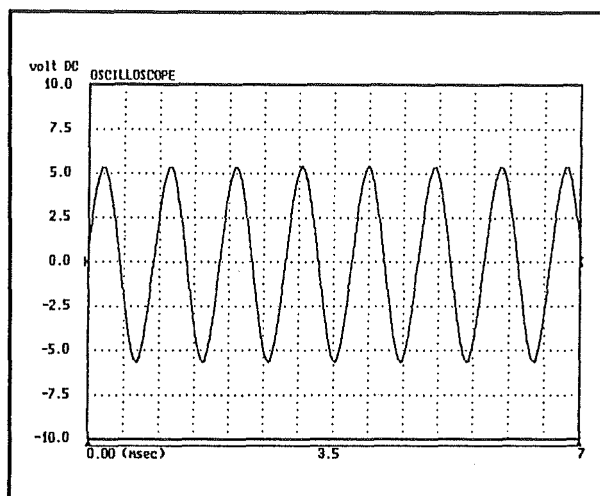
### Speciale toetsen

Met ESC kan men een selectie ongedaan maken.
Op diverse plaatsen in het programma kunnen er dingen over het scherm verplaatst worden.
Dat geldt bijvoorbeeld voor de popupvensters en het lijnenkruis voor de metingen. Dat kan met de cursortoetsen en Home, End, PgUp en PgDn bij ingedrukte SHIFT.
De snelheid waarmee over het scherm wordt bewogen kan ingesteld worden met de + en - toetsen van het numerieke toetsenbordje.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.10-8:** De simulatie van de meetinstrumenten op het scherm van de monitor.




**Figuur 3/8.2.10-9:** Het meten van een sinusspanning met een frequentie van 1 kHz.

# De real time en de geheugen oscilloscopen

## Inleiding

Beide apparaten hebben veel gemeen en worden dus samen besproken. In principe kan men met deze apparaten de exacte vorm van signalen met frequenties tot enige kHz nauwkeurig op het scherm zetten. Boven deze frequentie neemt de onnauwkeurigheid toe als gevolg van de samplefrequentie van 500 kHz. Als voorbeeld is in figuur 3/8.2.10-9 het resultaat van de meting van een sinusspanning met een frequentie van 1 kHz gegeven.

In de volgende paragrafen wordt de functie van de diverse menu-opties van de oscilloscopen besproken.

**LIFE/FREEZE**
Deze optie is van toepassing op de real time oscilloscoop.
In de LIFE STAND zal de oscilloscoop steeds 60 samples nemen en deze tonen op het beeldscherm.
In de FREEZE stand worden er geen samples genomen en worden de laatst genomen samples op het beeldscherm getoond. In deze stand kan er postprocessing worden toegepast op het gemeten signaal. Het signaal kan bijvoorbeeld worden uitvergroot en worden opgeslagen op disk.

**ONE SHOT/MEASURE**
Deze optie is aanwezig bij de geheugen oscilloscoop.
Door het keuzemenu ONE SHOT te aktiveren zal de tekst in het keuzemenu veranderen van ONE SHOT in MEASURE. Nadat het signaal gemeten is verandert de tekst weer in ONE SHOT.
Bij de geheugen scoop, ook HOLD-mode genoemd, zal de oscilloscoop steeds 600 samples, ofwel 10 pagina's, nemen en deze per 60 samples, ofwel per pagina, tonen.
Het kiezen van een volgende of vorige pagina gebeurt door middel van de PgUp en PgDn toetsen. Het paginanummer wordt rechts boven in het beeldscherm weergegeven.
Wordt er tijdens het meten (MEASURE) een toets ingedrukt, dan wordt het sampleproces direkt beëindigd. De genomen samples, tot het moment dat een toets ingedrukt is, en de resterende samples van het vorige sampleproces kunnen bekeken worden.

**Meten met het lijnenkruis**
Na een sampleproces verschijnt er een lijnenkruis in het beeldscherm. Met dit lijnenkruis kunnen absolute en relatieve metingen worden uitgevoerd.
De bediening in kombinatie met de Shift toets is als volgt:
- Home: Lijnenkruis verplaatsen naar het midden.
- End: Lijnenkruis verplaatsen naar het relatieve nulpunt.
- PIJLTJE OP: Lijnenkruis omhoog bewegen.
- PIJLTJE NEER: Lijnenkruis omlaag bewegen.
- PIJLTJE RECHTS: Lijnenkruis naar rechts bewegen.
- PIJLTJE LINKS: Lijnenkruis naar links bewegen.
- PgUp: Lijnenkruis spiegelen ten opzichte van de relatieve x-as.
- PgDn: Lijnenkruis spiegelen ten opzichte van de relatieve y-as.
- Del: Het instellen van het relatieve nulpunt.
- -: Verkleinen van de stapgrootte (2 maal).
- +: Vergroten van de stapgrootte (2 maal).

**Absolute en relatieve metingen**
Het absolute nulpunt is het punt op het beeldscherm waar de spanning en de tijd nul zijn (dit is uiterst links en in het midden van het beeldscherm).
Het relatieve nulpunt is het nulpunt dat wordt ingesteld door het plaatsen van het lijnenkruis op het gewenste punt en dan op de Del-toets te drukken. Vanuit dit nulpunt worden dan de tijd- en spanningswaarden gemeten.
Door het indrukken van de Ins-toets kan het offset- en triggerniveau ingesteld worden. Door nogmaals op de Ins-toets te

drukken kunnen er weer metingen met het lijnenkruis uitgevoerd worden.

**GAIN *1/GAIN *5**
Door het keuzemenu GAIN *1/GAIN *5 te aktiveren zal de tekst in het keuzemenu veranderen van GAIN *1 in GAIN *5 of omgekeerd. Dit keuzemenu dient er voor om de spanningsas vijf maal uit te vergroten.

**INVERT/NOT-INVERT**
Door het keuzemenu INVERT/NOT-INVERT te aktiveren zal de tekst in het keuzemenu veranderen van INVERT in NOT-INVERT of omgekeerd. In de stand INVERT worden de samplewaarden gespiegeld weergegeven ten opzichte van de grafische nullijn.

**VOLTS/DIV**
Door het keuzemenu VOLTS/DIV te aktiveren zal er een popup-menu verschijnen.
In het popup-menu worden 10 spanningsbereiken getoond tussen 0,5 en 400 V. Is bijvoorbeeld de keuze "10" geaktiveerd dan wordt er een spanningsbereik van 2,5 Volt/div ingesteld waardoor de maximale te meten spanning +/-10 V wordt.

Bij de real time oscilloscoop is daarnaast ook een optie "AUTO" aanwezig, waarbij het apparaat zélf de meest bruikbare schaalindeling opzoekt.

**COUPL.AC/COUPL.DC**
In de stand COUPL.AC wordt de te meten spanning via een condensator doorgekoppeld.
De laagste frequentie die door gekoppeld wordt is 1 Hz. In de stand COUPL.DC wordt de te meten spanning direkt doorgekoppeld.

**TIME/DIV**
Door het keuzemenu TIME/DIV te aktiveren zal er een popup-menu verschijnen met tien tijdbasissnelheden tussen 0,5 ms/div en 2,0 s/div.
Het gehele beeldscherm bevat 14 tijdsdivisies. Een tijdsdivisie bestaat uit 40 samplewaarden. Het hele beeldscherm bestaat dus uit 14 x 40 = 560 datapunten.
Met de keuze "0,2 s/div" wordt er om de 0,2 / 40 = 5 ms een sample genomen, het sampleproces duurt 14 x 0,2 s = 2,8 s.
Wanneer er gedurende dit proces een toets wordt ingedrukt wordt het sampleproces afgebroken. In de holdmode zullen de reeds gesamplede gegevens op het beeldscherm worden geschreven.

**TIME-MAG**
Door het keuzemenu TIME-MAG te aktiveren zal er een popup-menu verschijnen, waarin de vergrotingsfactoren 1x, 2x, 5x en 10x staan vermeld.
Wordt bijvoorbeeld de keuze "TIME * 2" geaktiveerd dan wordt de tijdas tweemaal uitvergroot.
Het uitvergrote deel van het beeldscherm wordt weergegeven door twee onderling verbonden pijltjes onder in het beeldscherm. Het uitvergrote gebied kan door middel van de PgUp- en PgDn-toetsen worden verplaatst. Met de + en de - toetsen kan de stapgrootte worden vergroot of verkleind.

**SLOPE+/SLOPE-**
In de stand SLOPE+ wordt er getriggerd op een positieve helling van het te meten signaal, in de stand SLOPE- uiteraard op een negatieve helling.

**TIMEOUT**
In het popup-menu worden 12 beschikbare tijden getoond, van 0 tot 450 DIV.

Is bijvoorbeeld de keuze "50 DIV" geaktiveerd dan wordt het signaal maximaal 50 tijdsdivisies lang gesampled. Voldoet het signaal niet binnen 50 tijdsdivisies aan de ingestelde waarden van triggerniveau, triggerhelling en triggerhysteresis dan zal eerst na verloop van deze 50 tijdsdivisies gesampled worden.
Op deze manier kan men een ongewenst deel van het signaal onzichtbaar maken.

**HYSTERESIS**
Er worden tien hysteresisniveaus getoond van 0,125 tot 2,25 DIV.
Is bijvoorbeeld de keuze "0.5 DIV" geaktiveerd dan wordt de triggerhysteresis 0,5 divisie van het ingestelde spanningsbereik. Dit betekent dat het signaal minimaal 0,5 divisies onder (voor een positieve triggerhelling) het ingestelde triggerniveau moet uitkomen.
Wanneer het signaal veel ruis bezit kan de triggerhysteresis groot ingesteld worden zodat er toch goed getriggerd wordt. Bezit een signaal weinig ruis dan kan de triggerhysteresis klein ingesteld worden zodat er nog op kleine signaalniveaus getriggerd kan worden.

**PRINT**
Er staan twee keuzes beschikbaar, namelijk printen naar DISK of naar EPSON-PRINTER.
De keuze DISK zal naar een filenaam vragen voor het aanmaken van de printfile. Deze file kan later gewoon met het DOS-kommando PRINT worden uitgeprint.
Met de keuze EPSON-PRINTER kan het beeldscherm worden uitgeprint op een EPSON-kompatibel printer.
Bij de afdruk kan kommentaartekst worden toegevoegd door middel van het keuzemenu "COMMENT". De kommentaartekst die wordt toegevoegd wordt ingesteld door middel van keuzemenu SETTINGS.

Het maken van een "print screen" kan worden uitgevoerd door de toetsen kombinatie Shift + PrtSc. Dan wordt echter niet het volledige scherm uitgeprint, maar slechts dat deel waarin de gegevens staan.

**COMMENT**
Door het keuzemenu COMMENT te aktiveren zullen er drie tekstregels verschijnen. In deze tekstregels kan kommentaar worden geplaatst dat tijdens het printen onder de afdruk wordt geplaatst. Dit kommentaar wordt op disk bewaard. De tekstfile die tijdens het printen wordt uitgeprint wordt ingesteld door middel van keuzemenu SETTINGS.

**READDISK**
Er verschijnt een venster met een overzicht van de op schijf aanwezige datafiles. Met de cursorbesturingstoetsen kan een file worden geselecteerd. Nadien worden de data- en gegevensfile van de disk ingelezen. Wanneer de data niet van het meetinstrument afkomstig is wordt alleen de datafile ingelezen.

Met de funktietoetsen kunnen de volgende filebewerkingen worden uitgevoerd:
- F2: File informatie;
- F3: File bekijken (alleen tekstfiles);
- F4: Verwijderen van een file;
- F5: Hernoemen van een filenaam;
- F6: Kopiëren van een file;
- F7: Invullen van een nieuwe directory.

**WRITEDISK**
Na het activeren van het keuzemenu WRITEDISK zal er om een filenaam worden gevraagd. Deze moet worden ingegeven zonder extensie.

De data, dat zijn alle genomen samples, worden onder de filenaam xxx.DAT opgeslagen. De gegevens, dat zijn alle instellingen van het instrument, worden onder de filenaam xxx.GEG opgeslagen.

**DEVICE**
Met deze optie kan men de oscilloscopen verlaten en een van de drie overige instrumenten kiezen.
De keuze "Quit" zal het programma beëindigen en het roer terug geven aan MS-DOS.

**SETTINGS**
Door het keuzemenu SETTINGS te aktiveren zal er een popup-menu verschijnen waarin zes keuzen worden getoond, namelijk SAVE, RESTORE, DEFAULT TEXTFILE, DEFAULT DIRECTORY, DEFAULT HP PORT en DEFAULT PRINTERPORT.
Met deze instellingen kan men het systeem aanpassen aan de eigen omgeving.

- SAVE
  De keuze SAVE heeft tot gevolg dat alle instellingen van de meetinstrumenten worden bewaard in een op te geven file. De file heeft standaard de extensie .SET.
- RESTORE
  De keuze RESTORE heeft tot gevolg dat er een opgeslagen instelling terug gehaald kan worden.
- DEFAULT TEXTFILE
  Met de keuze DEFAULT TEXTFILE kan de standaard tekstfile (xxx.TXT) worden aangegeven die uitgeprint moet worden bij iedere print opdracht.
- DEFAULT DIRECTORY
  Met de keuze DEFAULT DIRECTORY kunnen de standaard directories worden ingesteld voor de HandyProbe, printfiles en datafiles. De standaard directory voor de HANDYPROBE is de directory waarin zich de files HP.EXE, HP_HELP.NL en HP1.OVL bevinden.
- DEFAULT HP PORT
  Met de keuze DEFAULT HP PORT kan de parallelle printerpoort worden gekozen waarop de HandyProbe wordt aangesloten.
- DEFAULT PRINTERPORT
  Met de keuze DEFAULT PRINTERPORT kan de parallelle printerpoort worden gekozen waarop de printer is aangesloten.

# De spectrum analyser

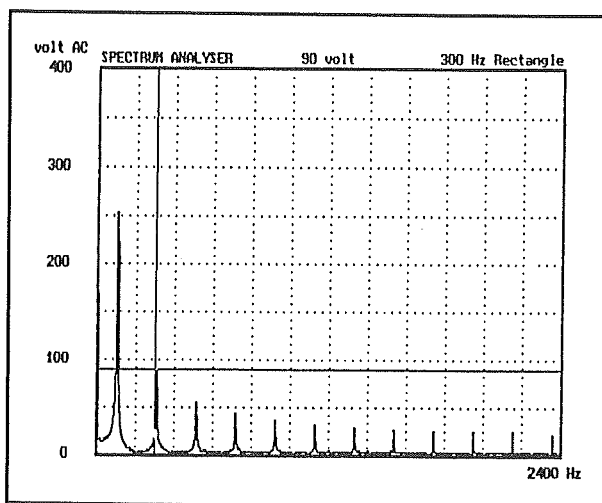
**Achtergrondinformatie**
De sinusvormige spanning van figuur 3/8.2.10-9 is een zuivere spanning. Er zit maar één signaal met één frequentie in. Men kan echter aantonen dat periodische signalen met niet zo regelmatige vormen kunnen worden samengesteld uit dergelijke zuivere sinusoidale spanningen. Deze signalen hebben enige eigenaardigheden. Hun groottes zijn ongelijk en hun frequenties zijn veelvouden van de frequentie van het samengestelde signaal. Als het onregelmatige basissignaal een frequentie van 1 kHz zou hebben, dan zouden de samenstellende sinusvormige spanningen frequenties hebben van 1, 2, 3, 4 en 5 kHz. De sinusspanning met dezelfde frequentie als het samengestelde signaal noemt men het fundamentele signaal, alle overige zijn de harmonischen.

**Fourieranalyse**
Fourier heeft wiskundig aangetoond dat deze wet voor gelijk welk signaal opgaat. Dit onderzoek naar de spectrale frequentiesamenstelling van elektrische signalen,

of meer algemeen van trillingen, is een belangrijke meetmethode voor het bepalen van de eigenschappen van de signalen en wordt vaak toegepast.
Tot voor kort waren daar zeer dure meetapparaten voor nodig.
Nu computers zeer snel kunnen rekenen en men algoritmen heeft opgesteld waarmee computers in staat zijn uit het vormverloop van een signaal de spectrale frequentiesamenstelling te berekenen kunnen spectrumanalyses op iedere PC worden uitgevoerd.
In de meeste gevallen maakt men gebruik van het zogenaamde FFT-algoritme, een term die staat voor Fast Fourier Transformatie.
Ook de HandyProbe maakt gebruik van deze benaderende berekeningsmanier om de frequentiesamenstelling van signalen te berekenen.

**De spectrum analyser van de HandyProbe**

In fitguur 3/8.2.10-10 wordt een voorbeeld gegeven van het resultaat van een FFT-analyse met de HandyProbe.




**Figuur 3/8.2.10-10:** Een voorbeeld van een frequentieanalyse met de HandyProbe.

Na een meting kan men met de reeds besproken methode met het lijnenkruis de maximale spanningswaarden en frequenties van de harmonischen waaruit het signaal bestaat opzoeken. In de volgende paragrafen worden de menu-opties van dit meetinstrument besproken.

**MEASURE**

Hiermee wordt een meet- en berekeningsprocedure gestart.
De spectrum analyser neemt 1024 samplewaarden met een vooraf ingestelde sampletijd. Uit de samplewaarden worden 512 spektrale komponenten berekend, waarvan er 480 op het beeldscherm worden getoond (12 divisie van 40 komponenten).
Na het activeren van het keuzemenu MEASURE verschijnt op het beeldscherm de mededeling "CALCULATE SPECTRUM 1, PLEASE WAIT ... (Esc = Exit)".
Zijn er door middel van keuzemenu AVERAGE meerdere berekeningen ingesteld dan zal de eerste mededeling weer op het beeldscherm worden vertoond maar nu met SPECTRUM 2.
Dat gaat zo verder tot alle berekeningen zijn uitgevoerd.

**FREQUENCY**

In het popup-menu verschijnen 12 frequentiebanden, van 12 Hz tot 30 kHz. Deze geven de maximale frequentieband weer waarin de harmonische samenstelling van het signaal wordt onderzocht.
Is bijvoorbeeld de keuze "1200 Hz" geaktiveerd dan is de maximale frequentie die door de spectrum analyser wordt weergegeven 1200 Hz.
De resolutie is dan 1200 Hz / 480 = 2,5 Hz.
Het aangelegde signaal mag geen frequentiekomponenten bevatten die hoger zijn dan de geselecteerde band!

**8.2 Meetapparatuur**

### WINDOW

Het gesamplede signaal zal worden "gewindowd" met het gekozen window type. Dit "windowen" is soms nodig omdat er met het FFT-algoritme wordt gerekend en dit maar een eindig aantal samplewaarden (bij de HandyProbe 102) heeft. Daardoor ontstaat er een fout bij het berekenen van een spectrum.
Deze fout kan worden verkleind door het juiste window te selecteren. Men kan kiezen uit RECTANGEL, HANNING, HAMMING, BLACKMAN en BARTLETT.

### dB/LINEAIR

In de stand LINEAIR wordt het spektrum in een lineaire amplitude-as getoond, geijkt in Volt.
In de stand dB wordt het spectrum op een logaritmische amplitude-as getoond. In de dB-stand komt 1 V overeen met 0 dB.

### AVERAGE

Wanneer het spectrum van een niet periodiek signaal zoals ruis wordt gemeten kan AVERAGE gebruikt worden. Is AVERAGE ingesteld op 10, dan zullen er 10 spectra worden genomen en gemiddeld.
Na het berekenen van elk spectrum wordt het resultaat direct weergegeven.
Het afbreken van het middelingsproces kan gebeuren door middel van de Esctoets.

Men kan kiezen uit acht selecties tussen 1 en 200.
Uiteraard duurt het heel lang alvorens de computer 200 spectra heeft berekend en van alle punten de gemiddelde waarde heeft berekend!

### DISTORTION

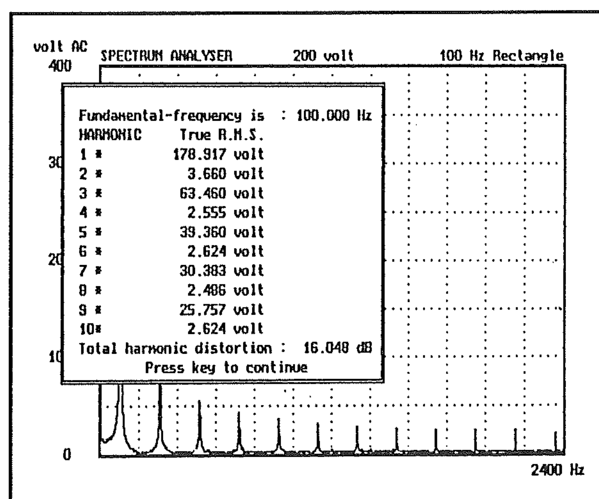
Door het keuzemenu DISTORTION te aktiveren kan er een frequentie worden aangewezen als fundamentele frequentie door middel van de cursortoetsen.
De totale harmonische vervorming ten opzichte van deze fundamentele frequentie zal worden bepaald volgens de formule:

$$THD_{dB} = 20 \cdot \log \sqrt{\{(U_2^2 + U_3^2 + \ldots + U_{10}^2) / U_1^2\}}$$

waarin:

- $U_1$ de fundamentele frequentie is;
- $U_2$ tot en met $U_{10}$ de effectieve amplitudes van de harmonische.

De effectieve amplitude van de harmonischen en de dB-waarde van de vervorming wordt volgens figuur 3/8.2.10-11 weergegeven in een tabel.




**Figuur 3/8.2.10-11:** De resultaten van de distortieberekeningen worden in een venster getoond.

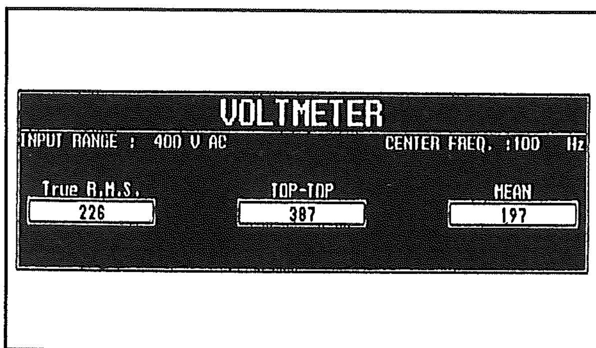
### Overige selecties

De opties PRINT, COMMENT, READDISK, WRITEDISK, DEVICE, SETTINGS, VOLT/DIV, COUPL.AC/COUPL.DC zijn identiek aan deze reeds besproken bij de oscilloscopen.

# De digitale voltmeter

**Inleiding**
Met dit meetinstrument kan men de echte effectieve waarde, de top-tot-top waarde en de gemiddelde waarde van een gelijkspanning, een wisselspanning of een combinatie van beide op het scherm zetten.

De schermopbouw is gegeven in figuur 3/8.2.10-12.




**Figuur 3/8.2.10-12:** Het scherm van de digitale voltmeter.

**De echte effectieve waarde**
In dit kader moet het begrip "echte effectieve waarde" even verklaard worden. De echte effectieve waarde (RMS) van een wisselspanning wordt gedefinieerd als de grootte van de gelijkspanning die in een zuiver ohmse weerstand hetzelfde vermogen opwekt als de wisselspanning die wordt gemeten.
Gewone wisselspanningsmeters werken meestal met een topgelijkrichter. De topwaarde van een zuiver sinusoidale spanning staat in een bepaalde wiskundige relatie tot de effectieve waarde. Men kan dus voor dit soort signalen een constante omzettingsfactor inbouwen die dit verband uitrekent.

Als echter de te meten spanning niet zuiver sinusoidaal is gaat dit verband niet meer op. Klassieke meters zullen bij het meten van zaagtanden, rechthoeken en nog ingewikkelder signalen grote fouten maken.

De echte effectieve waarde kan echter berekend worden uit de samenstelling van het signaal. Een dankbare klus voor een computer!

In de volgende paragrafen worden de menu-opties van de digitale meter besproken.

**MEASURE/HOLD**
Door het keuzemenu MEASURE/HOLD te aktiveren zal de tekst in het keuzemenu veranderen van MEASURE in HOLD of omgekeerd. In de stand MEASURE worden 200 samplewaarden genomen en daarvan de echte effectieve, de gemiddelde en de top-tot-top waarden berekend.
In de HOLD stand worden de laatst gemeten waarden getoond.

**ONE SHOT**
Door het keuzemenu ONE SHOT te aktiveren zal één meting worden genomen en daarvan de drie waarden worden getoond.
Het keuzemenu is alleen aanwezig wanneer het keuzemenu MEASURE/HOLD in de HOLD stand staat.

**FREQUENCY**
Men kan kiezen uit zeven frequentiebanden met centrale frequenties van 10 Hz tot 10 kHz.
Is bijvoorbeeld de keuze "50 Hz" geaktiveerd dan zullen de signalen met een frequentie van 10 Hz tot 500 Hz korrekt worden berekend.

### CALIBRATE

Het keuzemenu CALIBRATE dient voor de nulinstelling van de voltmeter. Door deze functie te aktiveren zal de tekst "Connect probe input to ground and press key (Esc = Exit)" op het beeldscherm verschijnen.
Wanneer er een toets wordt ingedrukt zullen alle schakelstanden gecontroleerd worden en de onvermijdelijke offsetfouten worden gemeten.
De resultaten van deze metingen worden bij elke volgende meting opgeteld of afgetrokken.

### PRINT

Door het keuzemenu PRINT te activeren zullen de true RMS, de gemiddelde en top-tot-top waarde worden uitgeprint. De printer kan geselekteerd worden door het keuzemenu "SETTINGS" en de optie "PRINTER PORT".

### Overige selecties

De menu-opties VOLTS/DIV, COUPL.AC/COUPL.DC, DEVICE en SETINGS zijn identiek aan deze van de oscilloscopen.

## De transiënt recorder

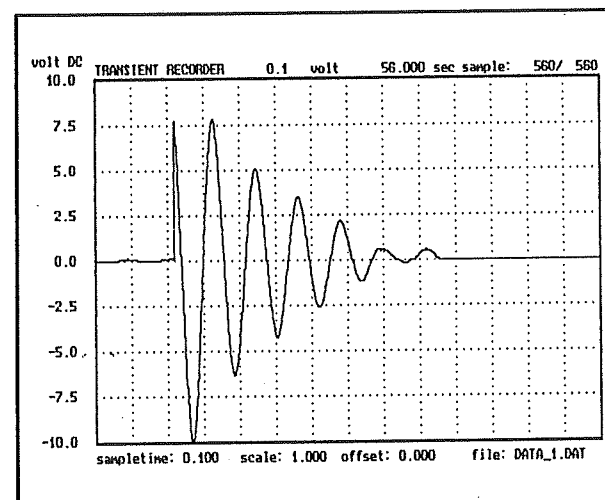
### Inleiding

Met een transiënt recorder kan men de waarde van langzaam variërende spanningen in functie van de tijd meten. Dat is een ideaal instrument voor bijvoorbeeld het meten van fysische grootheden zoals druk, temperatuur en luchtvochtigheid. Wel moeten deze grootheden uiteraard eerst door middel van de geëigende elektronische schakelingen worden omgezet in een gelijkspanning waarvan de waarde proportioneel is met de gemeten grootheid.

De traditionele transiënt recorder werkt elektromechanisch. Een strook papier wordt met constante snelheid onder een pen bewogen. De pen gaat heen en weer, waarbij de penbewegingen proportioneel zijn met de grootte van de spanning die gemeten wordt. Op de strook papier ontstaat een grafiek die het verloop van de grootte van de spanning in functie van de tijd weergeeft.

### De transiënt recorder van de HandyProbe

Het beeld dat op het scherm ontstaat is gegeven in figuur 3/8.2.10-13.




**Figuur 3/8.2.10-13:** Het beeld van de transiënt recorder.

In de volgende paragrafen worden de menu-opties van dit instrument besproken.

### MEASURE

Door het keuzemenu MEASURE te aktiveren zal de tekst "MEASURE..., Esc = interrupt measuring" op het beeldscherm

verschijnen. Er worden een aantal meetwaarden genomen met een vooraf ingestelde meettijd. De meetwaarden kunnen grafisch of numeriek worden getoond. Tijdens het meten wordt het samplenummer, de totale meettijd en de gemeten waarde getoond. Nadat de meting is voltooid zullen de meetwaarden op disk worden opgeslagen en zal de tekst weer van het beeldscherm verdwijnen.

SHOW
Door het keuzemenu SHOW te aktiveren zullen de meetwaarden worden getoond. De meetwaarden zijn van de datafile die onder in het beeldscherm wordt getoond. Het kiezen van een andere datafile gebeurt door middel van het keuzemenu FILE.

GRAPHICAL/NUMERICAL
In de stand GRAPHICAL worden de meetwaarden grafisch getoond. Op het beeldscherm zullen slechts 560 meetwaarden van de volledige reeks getoond worden.
Men kan echter met de volgende toetsen door het volledige bestand scrollen:
- PgUp: Een kwart beeldscherm verder bladeren;
- PgDn: Een kwart beeldscherm terug bladeren;
- Home: Toon de eerste 560 meetwaarden;
- End: Ga naar de laatste 560 meetwaarden;
- F2: Spring naar meetwaarde xxx.

De getoonde meetwaarden kunnen op de reeds bekende manier worden opgemeten met het lijnenkruis. De tijd, de spanningswaarde en het volgnummer van het sample worden boven aan in het beeldscherm getoond.

In de stand NUMERICAL worden de meetwaarden als getallen getoond. De zelfde toetsen als bij GRAPHICAL kunnen gebruikt worden om de meetwaarden per 20 stuks te bekijken.

SAMPLETIME
Door het keuzemenu SAMPLETIME te aktiveren kan de sampletijd tussen twee meetwaarden worden opgegeven tussen 0,1 en 300 seconden. De totale meettijd bedraagt dus 300 x 60.000 = 18.000.000 seconden, ofwel 208,3 dagen!

SAMPLES
Door het keuzemenu SAMPLES te aktiveren kan het aantal samples van een volledige meetcyclus worden ingevoerd tussen de 1 en 60.000.

SCALE
Door het keuzemenu SCALE te aktiveren kan een schaalwaarde worden opgegeven tussen de 0,5 en 2. Voordat de meetwaarde wordt getoond, wordt de meetwaarde vermenigvuldigd met de schaalwaarde.

OFFSET
Door het keuzemenu OFFSET te aktiveren kan een offset worden opgegeven tussen -400 en +400 die bij de meetwaarde wordt opgeteld.

MEAS. MODE
Met deze optie kan men selecteren tussen vijf verschillende meetgrootheden.
- MOMENTAL
  Is de mode MOMENTAL geselekteerd dan zullen de momentele waarden worden gemeten.
- R.M.S.
  Is de mode true R.M.S. geselekteerd dan worden de true R.M.S (= echte effektieve) waarden gemeten.

- MEAN
  Is de mode MEAN geselekteerd dan worden de gemiddelde waarden gemeten.
- MAX
  Is de mode MAX geselekteerd dan wordt de maximale waarde van het signaal gemeten.
- MIN
  Is de mode MIN geselekteerd dan wordt de minimale waarde van het signaal gemeten.

De R.M.S., MEAN, MAX en MIN waarden worden berekend uit 200 samples.
Om meetfouten te voorkomen moet de frequentie van het gemeten signaal rond de ingestelde frequentie liggen.

**PRINT**
Door het keuzemenu PRINT te aktiveren zullen de gemeten waarden numeriek worden uitgeprint. Het grafisch uitprinten van meetwaarden kan gebeuren door een Shift + PrtSc of door het inlezen van de meetwaarden in de oscilloscoop HOLD mode.

**FILE**
Men kan kiezen tussen NEWFILE en OLDFILE.
De keuze NEWFILE vraagt om een filenaam. De ingegeven filenaam zal dienen als datafile voor de meetgegevens van een nieuwe meting.
Door de keuze OLDFILE te aktiveren zal er een tweede popup-menu verschijnen waarin een overzicht wordt gegeven van de datafiles die aanwezig zijn in de standaard datadirectory.
Met de cursorbesturingstoetsen kan een datafile worden gelezen, de data en instellingen worden van de schijf ingelezen. Dezelfde functietoetsen als besproken bij READDISK staan ter beschikking.

**Overige selecties**
De menukeuzes VOLTS/DIV, FREQUENCY, DEVICE en SETTINGS zijn reeds besproken bij de overige meetinstrumenten.

# Nadere informatie

De HandyProbe wordt op de markt gebracht door de firma TiePie Engineering, Battenserreed 2 te 90234 AR Jorwerd, telefoon 05106 - 238.
Het apparaatje kost inclusief software *f* 399,00 exclusief BTW.

## 8.2 Meetapparatuur

# 3/8.2.11

# Nieuwe ontwikkelingen bij meetapparatuur

## Inleiding

**Stille revolutie**
Hoewel meetapparatuur niet zo in de belangstelling staat als bijvoorbeeld computers wil dit uiteraard niet zeggen dat de ontwikkelingen op dit gebied stil staan. Men kan zelfs stellen dat er op dit gebied sprake is van een stille revolutie!

Moderne meetapparaten, zelfs redelijk geprijsde digitale universeelmeters, zijn tegenwoordig uitgerust met microprocessoren. Deze regelen de drukknopbediening, het gegevensbeheer, de automatische functie-instellingen en de interfaces waarmee men de apparatuur op computers kan aansluiten.

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de modernste ontwikkelingen bij de vier belangrijkste kategorieën meetapparatuur, namelijk:
- digitale universeelmeters;
- oscilloscopen;
- functiegeneratoren;
- digitale frequentiemeters.

Naast algemene achtergrondinformatie geeft dit overzicht gerichte informatie voor iedereen die op het punt staat een of meerdere nieuwe meetapparaten aan te schaffen.

**Universeelmeters**
De aloude digitale universeelmeter met een uitlezing tot 1.999 waarmee men gelijkspanningen, gelijkstromen, wisselspanningen, wisselstromen en weerstanden kan meten is tegenwoordig welhaast een wegwerpartikel.
Dergelijke apparaten zijn al te koop voor rond de vijftig gulden!
Wie iets meer geld aan dergelijke apparatuur wil uitgeven kan een keuze maken uit een groot aantal apparaten, waarbij de ontwikkelingen vijf richtingen uit gaan:
- digitale meters met semi-analoge uitlezing;
- volledig automatisch werkende "handheld" meters;
- digitale meters met twee display's;
- digitale meters die met reden universeel te noemen zijn vanwege het uitgebreide aantal meetgrootheden;
- microprocessor bestuurde "intelligente" meters.

Vaak zal men ook apparaten aantreffen, waarbij een combinatie van twee of zelfs meerdere faciliteiten aanwezig is.

Bovendien is de uitlezing tot 1999 in de meeste gevallen vervangen door een uitlezing tot 19999.
Dat wil zeggen dat men op een meetbereik van 199,99 mV spanningen tot 10 µV nauwkeurig kan meten!

**8.2 Meetapparatuur**

## Oscilloscopen

Bij oscilloscopen zijn drie tendensen te onderscheiden. De echt zeer eenvoudige analoge apparaten worden steeds goedkoper. Eenkanaals oscilloscopen met een bandbreedte van 5 MHz zijn nu reeds verkrijgbaar voor nog geen *f* 500,00! De duurdere middenklasse modellen in een prijsklasse van *f* 2.000,00 tot *f* 5.000,00 bieden, vergeleken met dezelfde prijsklasse van tien jaar geleden, voor hetzelfde geld steeds meer mogelijkheden. De zeer dure modellen werken tegenwoordig digitaal, waarbij van uitvoerige ingebouwde computerondersteuning gebruik wordt gemaakt. Deze laatste categorie valt echter vanwege de prijsklasse buiten beschouwing!

Als men probeert alle vernieuwingen op dit gebied in richtingen onder te brengen komt men tot:
- oscilloscopen met extra faciliteiten;
- gecombineerde analoge/digitale oscilloscopen;
- digitale oscilloscopen met LCD-scherm;
- analoge oscilloscopen met intelligente cursormetingen.

## Functiegeneratoren

Uiteraard zijn de aloude RC-generatoren die alleen een sinus en een vierkantsgolf konden leveren helemaal uit de markt verdwenen. Hoewel, dat is maar ten dele waar! Voor een speciale toepassing, het meten van vervormingen, worden deze generatoren nog steeds vervaardigd. Maar dan wel met vervormingen die lager zijn dan 0,01 %!

De gemiddelde doe-het-zelver zal echter voor dat soort apparaten geen interesse hebben. Algemene signaalbronnen werken op dit moment allemaal volgens het functiegenerator principe. Bij dit principe wordt niet uitgegaan van een RC-oscillator, maar van een systeem waarbij uit twee teruggekoppelde operationele versterkers een driehoek en een vierkant worden afgeleid. De eerste op-amp werkt als integrator, de tweede als comparator. De uitgangsspanning van de comparator wordt geïntegreerd. De integrator levert de driehoek, de comparator het vierkant. Nadien worden speciale schakelingen ingezet om de driehoek om te vormen tot een benaderde sinus.

Uit dit werkingsprincipe volgt het enige nadeel dat functiegeneratoren hebben. De signaalvervorming op de sinus is vrij hoog. Afhankelijk van het prijskaartje moet men rekenen met sinusvervormingen tussen de 1 en de 0,1 %.
Voor het normale werk is dat echter geen bezwaar.

Functiegeneratoren hebben echter zoveel voordelen, dat dit ene nadeel in het niet valt.

Naast het integrator/comparator principe wordt in de duurdere functiegeneratoren gebruik gemaakt van synthesizer-generatie. De drie basis signaalvormen "sinus", "driehoek" en "vierkant" worden digitaal geformeerd. Voordeel van dit systeem is de grote stabiliteit en de nauwkeurige frequentie-instelling. Men kan immers een kristaloscillator als referentie gebruiken. Nadeel is echter dat dit procédé niet geschikt is voor het opwekken van hoge frequenties. De klokfrequentie van het digitale systeem bedraagt immers een veelvoud van de signaalfrequentie. Wil men een signaal met een frequentie van 1 MHz op deze manier genereren,

dan moeten de digitale schuifregisters waaruit de basis signalen worden afgeleid werken met klokfrequenties van meer dan 100 MHz. Dat gebeurt alleen in erg dure professionele apparatuur.

Vaak treft men in de middenklasse apparatuur een combinatie aan. De laagste frequenties worden digitaal gesynthetiseerd, de hogere frequenties worden door middel van het integrator/comparator principe opgewekt.

**Digitale frequentiemeters**
Bij de digitale frequentiemeters zijn een aantal tendensen te bespeuren:
- Steeds hogere resolutie
  Digitale frequentiemeters met een uitlezing tot 999.999.999 zijn geen uitzondering meer! Wil het meest rechtse digit echter enige reëele betekenis hebben, dan worden er erg hoge eisen gesteld aan de triggerschakelingen en de stabiliteit van de referentiegenerator. Uiteraard worden voor de laatstgenoemde schakeling kristaloscillatoren ingezet, die door middel van een thermostaatregeling op een constante temperatuur worden ingesteld.
- Steeds hogere frequentie
  De meeste frequentiemeters van boven de *f* 1.000,00 kunnen tegenwoordig frequenties tot 1 GHz meten. Omdat dergelijke frequenties steeds met speciale voorversterkers met een ingangsimpedantie van 50 Ω worden gemeten hebben deze apparaten minstens twee ingangen.
  De ene is speciaal bedoeld voor het meten van dergelijke zeer hoogfrequente signalen, de tweede is de algemene ingang met een impedantie van 1 MHz en een frequentiebereik tot 100 à 250 MHz.
- Steeds meer ingangen
  Vaak treft men zelfs drie ingangen aan. Naast de ene voor HF-metingen zijn er twee identieke ingangen.
- Steeds meer functies
  Die twee identieke ingangen zijn noodzakelijk als het apparaat dank zij microprocessorbesturing "intelligente" metingen op deze twee signalen kan uitvoeren.
  Zo kan men frequentieverhoudingen berekenen, tijdverschuivingen tussen de twee ingangen meten, enzoverder. Sommige apparaten bieden zelfs de mogelijkheid het grote display in twee te splitsen.
  Op de ene helft wordt dan de frequentie met verlaagde resolutie gemeten, op de andere helft de grootte van het signaal.

# Multimeters met semi-analoge uitlezing

**Voordelen van analoge metingen**
Een digitale uitlezing heeft het voordeel van een zeer grote afleesnauwkeurigheid. Bij analoge naaldinstrumenten kan men immers de stand van de naald ten opzichte van de schaal verkeerd aflezen.
Een verschijnsel dat bekend staat onder de naam "parallax-fout".
Door de schaal te voorzien van een smal strookje spiegel kan men deze afleesfout minimaliseren.
De bedoeling is dat men met één oog afleest en daarbij de weerspiegeling van de naald in de spiegel precies met de naald zélf laat samen vallen.
Maar daarnaast ontstaan afleesfouten als de naald tussen twee schaalstreepjes staat.

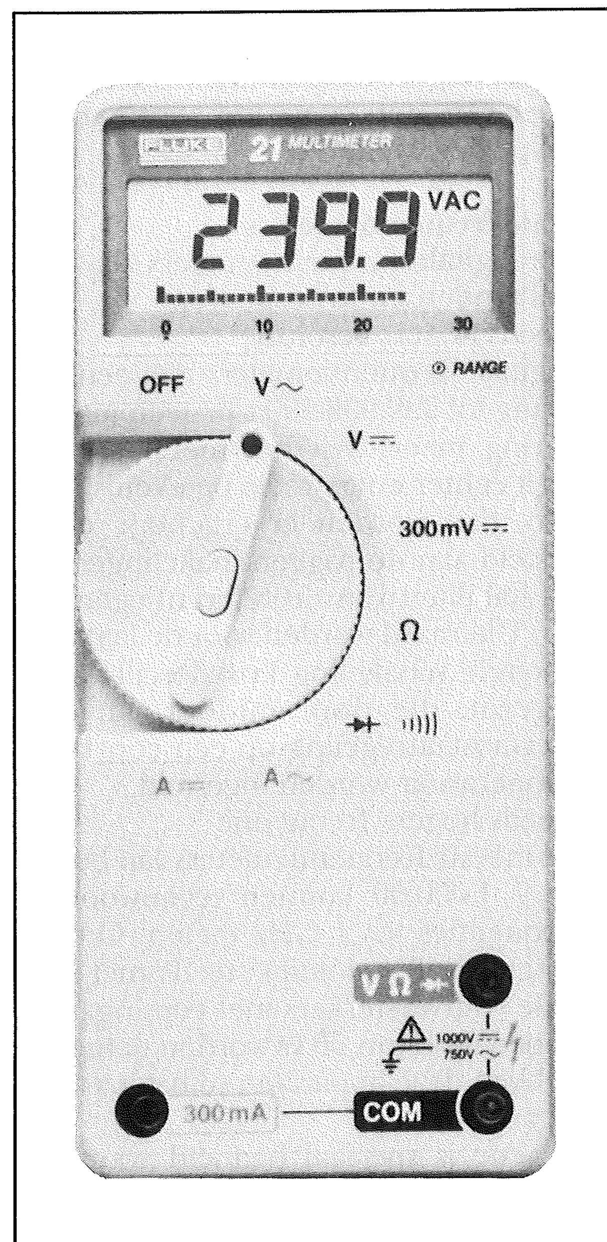
Toch hebben analoge instrumenten enige voordelen. Het is met een digitale uitlezing niet goed mogelijk zogenaamde "trenduitlezingen" te verrichten. Bij een trendmeting is men niet geïnteresseerd in de exacte waarde van een grootheid, maar eerder in het verloop.
Bekend voorbeeld is het afregelen van afgestemde filters. Men moet dan een spoel of condensator afregelen totdat de uitgangsspanning van de trap minimaal of maximaal is.
Een klus die met een analoge meter heel eenvoudig en precies is uit te voeren, maar met een digitale uitlezing nauwelijks te doen is!

Vandaar dat een aantal fabrikanten op het idee is gekomen hun digitale meters te voorzien van een tweede, semi-analoge werkende, uitlezing.
Semi-analoog, omdat er van een echt analoog werkende naalduitlezing geen sprake is. De analoge uitlezing wordt benaderd door het toepassen van digitale technieken.

**De bargraph trend uitlezing**
Een van de meest bekende semi-analoge uitlezingen is de "bargraph uitlezing".
Fluke is de eerste fabrikant die dergelijke meters op de markt heeft gebracht en tegenwoordig zijn bijna alle digitale universeelmeters van de betere klasse voorzien van een dergelijke voorziening.

De uitlezing bestaat uit een LCD-display dat is samengesteld uit een groot aantal streepjes. Hoe meer streepjes oplichten, hoe hoger de gemeten grootheid is. Het aantal streepjes is voor deze toepassing niet zo belangrijk, in de meeste gevallen werkt men met display's die uit 48 streepjes bestaan.

In figuur 3/8.2.11-1 wordt als voorbeeld het Model 21 van Fluke voorgesteld. Dit is een automatische meter, dat wil zeggen dat de elektronica zélf het meest geschikte meetbereik selecteert.




**Figuur 3/8.2.11-1:** Model 21 van Fluke, een typisch voorbeeld van een digitale meter met bargraph-uitlezing.

Deze meter is met zijn prijs van *f* 360,00 vrij duur. Er zijn echter dergelijke meters van minder bekende merken en zonder automatische bereikinstelling in de handel voor prijzen rond *f* 150,00.

**De hoge resolutie bargraph uitlezing**
Een verdere ontwikkeling van hetzelfde principe vormt een nauwkeurige vervanging van de oude analoge wijzerinstrumenten. Als men het aantal streepjes van de bargraph uitlezing laat toenemen neemt uiteraard de nauwkeurigheid van het instrument toe. Door SOAR worden een aantal modellen op de markt gebracht waarbij de uitlezing alleen uit een bargraph-display bestaat.
Dit is echter samengesteld uit niet minder dan 105 streepjes, zodat de uitleesnauwkeurigheid gelijk is aan 1 % van de volle schaal waarde. De twee beschikbare modellen worden voorgesteld in figuur 3/8.2.11-2.

Deze meters vormen een robuuste vervanging van de oude mechanisch kwetsbare wijzerinstrumenten.




**Figuur 3/8.2.11-2:** De modellen 3610 en 3620 van SOAR zijn bargraph meters met een nauwkeurigheid van 1 %.

Uiteraard werken deze meters in wezen digitaal.
Vandaar dat het zonder al te veel extra elektronica mogelijk is aantrekkelijke extra's in te bouwen. De beide modellen beschikken bijvoorbeeld over een faciliteit waarmee het mogelijk is de maximale gemeten waarde onder de vorm van één streepje in het display te handhaven. Dat noemt men "MAX-HOLD". Het duurdere model heeft bovendien een tienvoudige schaalvergroting, waardoor de meetnauwkeurigheid in de buurt komt van deze van digitale meters met drie decaden.

De SOAR-meters zijn met *f* 124,00 en *f* 189,00 zonder meer redelijk geprijsd.

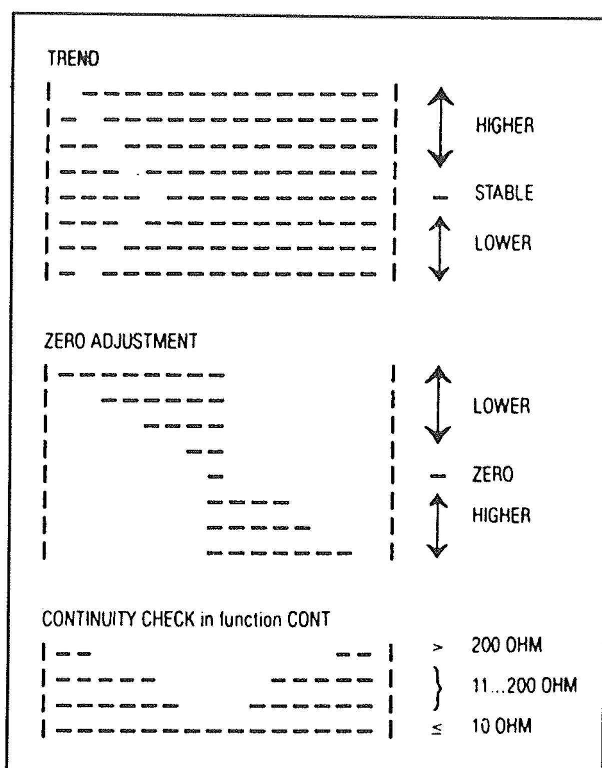
**"Intelligente" semi-analoge uitlezingen**
Bij microprocessorbestuurde universeelmeters treft men semi-analoge uitlezingen aan waarbij de processor deze uitlezing gebruikt voor het verrichten van "intelligente" metingen.
Bij model PM2525 van Philips is een bargraph met slechts 15 streepjes aanwezig. Dank zij de processorbesturing kan men hiermee toch spanningsvariaties van 0,01 V per stap detecteren.
Iedere meting kan door middel van een druk op de knop als stabiele waarde worden ingegeven.
De processor zet onmiddellijk de analoge uitlezing op een bepaalde instelling en zal iedere afwijking met 0,01 V van deze stabiele waarde vertalen in een verplaatsing met één streepje op de bargraph. Op deze manier kan men heel nauwkeurig een minimale of maximale waarde van een signaal vaststellen.

Daarnaast kan men de bargraph uitlezing ook inzetten voor het opzoeken van een nulpunt.

Een positieve of negatieve afwijking van 0,01 V wordt onmiddellijk vertaald in het oplichten van een streepje links of rechts van het streepje dat de waarde 0 V voorstelt.

Tot slot wordt de semi-analoge uitlezing ook nog eens gebruikt als hulpmiddel bij het verrichten van continuiteitsmetingen. Met deze metingen kan men verbindingen die een kleinere soortelijke weerstand dan 10 Ω hebben opsporen. In dat geval licht de volledige bargraph op, hoe meer weerstand er gemeten wordt hoe meer streepjes doven.

Deze drie mogelijkheden zijn samengevat in figuur 3/8.2.11-3.




**Figuur 3/8.2.11-3:** De drie meetfaciliteiten van de "intelligente" bargraph uitlezing bij de Philips PM2525.

# "Hand-held" meters

### Heen en weer met het oog

Tafelmeters hebben het nadeel dat het uitleespaneeltje ver verwijderd is van de meetstift. Men moet dus voortdurend heen en weer met de ogen tussen stift en uitlezing. Gevolg kan zijn dat men met de meetstift kortsluiting maakt in de schakeling.

Vandaar dat de meeste fabrikanten tegenwoordig zogenaamde "hand-held" meters in hun programma hebben opgenomen. De volledige schakeling inclusief de uitlezing zit in een meetstift die men gemakkelijk in de hand kan houden. De stift vormt de "hete" ingang van de meter. De andere ingang wordt gevormd door een draadje met krokodilbek dat men met de massa van de schakeling waarin gemeten wordt moet verbinden. Uiteraard zijn deze apparaatjes batterijgevoed en hebben zij vanwege het lage stroomgebruik een LCD-uitlezing met een bereik van 1999.

### Spanningen en weerstanden

Deze meetpennnen werken volledig automatisch. Dat wil zeggen dat men alleen enige druktoetsen ter beschikking heeft voor het inschakelen van het apparaat, voor het kiezen van de meetgrootheid en voor het omschakelen tussen AC en DC. Het meetbereik wordt automatisch ingesteld, hetgeen zich uit in het aanpassen van de positie van de decimale punt in de uitlezing.

In figuur 3/8.2.11-4 is als voorbeeld het model 3100 van SOAR voorgesteld. Deze meter kost *f* 165,00 en kan gelijk- en wisselspanningen meten in vijf bereiken tussen 200 mV en 500 V. Er zijn zes weer-

standsbereiken met meetgebieden van 200 Ω tot en met 20 MΩ.

Alle bekende modellen beschikken bovendien over een continuiteitstest. Als de weerstand die gemeten wordt kleiner is dan 200 Ω zal de meter een piepje produceren.

# Dubbele display's

**Nieuwe ontwikkeling van Fluke**

Met het model 45 heeft Fluke de eerste digitale universeelmeter op de markt gebracht die beschikt over twee digitale uitlezingen.

Het zou wel eens kunnen dat deze ontwikkeling een trend zet die door alle overige fabrikanten wordt opgevolgd.

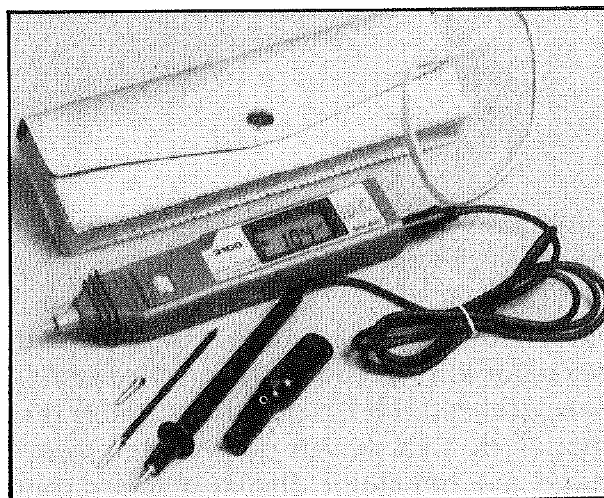
Het apparaat, waarvan figuur 3/8.2.11-5 een impressie geeft, heeft slechts één ingang maar toch twee identieke displays met een bereik tot 99999. Ieder display heeft echter een eigen instelling van de meetgrootheid. Men kan uiteraard gelijk- en wisselspanningen en -stromen en weerstanden meten.
Daarnaast kan men rechtstreeks dB-waarden en signaalfrequenties in de display's zetten.

Ondanks deze bijzondere mogelijkheden valt de prijs van een dergelijke meter mee. Fluke vraagt voor dit model 45 slechts *f* 1495,00, minder dan een moderne TV kost!

**Toepassingen van meters met dubbele display's**

Enige voor de hand liggende praktische toepassingen van deze meetmethode.

- Het meten van zowel de gelijkspanning als de wisselspanningsrimpel op deze spanning bij een voeding.
  Het ene display wordt ingesteld op gelijkspanning, het andere op wisselspanning.
- Het meten van uitgangsspanning en uitgangsstroom die een voeding levert. Men hoeft de twee afgelezen getallen slechts te vermenigvuldigen om het geleverde vermogen te weten!
- Het meten van de effectieve signaalspanning en de frequentie van dit signaal. De meter heeft vijf frequentiebereiken met volle schaal waarden van 1 kHz tot en met 1 MHz.
- Het meten van de effectieve waarde van een luidsprekerspanning in het ene display en het vermogen dat deze spanning in de impedantie van de luidspreker opwekt in het andere display. Daarvoor kan men selecteren uit 21 standaard impedanties tussen 2 Ω en 8000 Ω. De microprocessor in de meter berekent het vermogen aan de hand van de effectief gemeten spanning.



**Figuur 3/8.2.11-4:** Model 3100 van SOAR is een typisch voorbeeld van een goedkope "hand-held" digitale universeelmeter.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.11-5:** Model 45 van Fluke is de eerste digitale universeelmeter waarmee men twee grootheden van de ingangsspanning tegelijk kan meten.

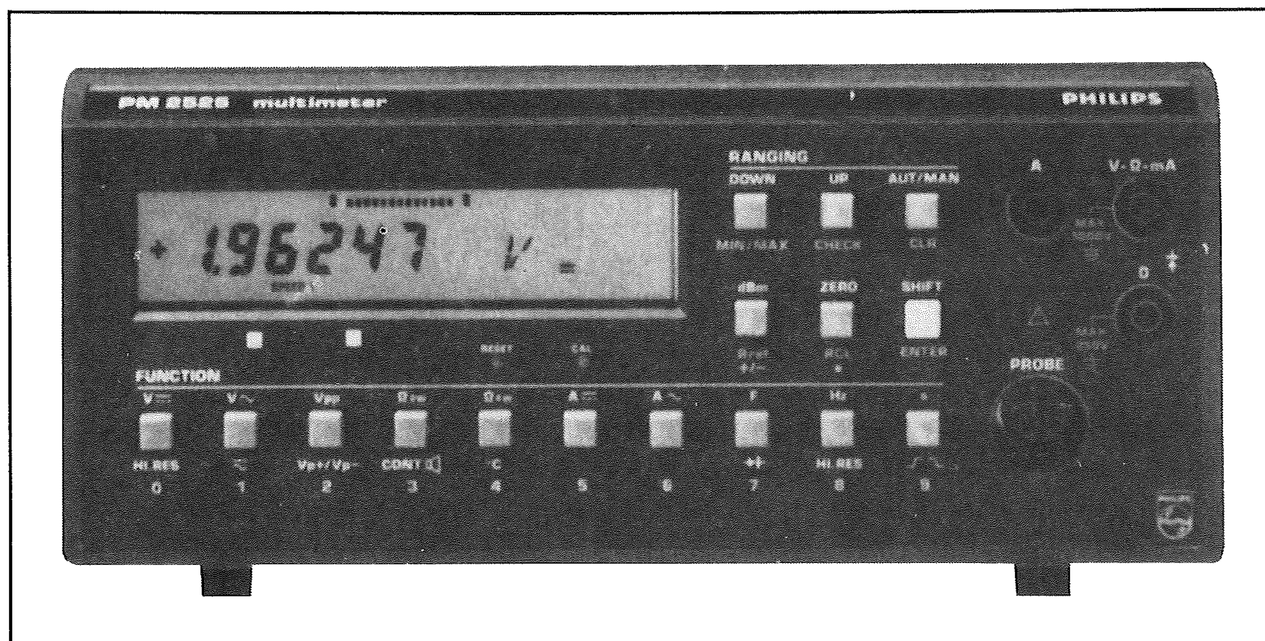
Daarnaast kan het tweede, kleine display door middel van woorden communiceren met de gebruiker.
Men kan bijvoorbeeld de waarde van weerstanden selecteren tussen twee instelbare grenzen. Het grote display geeft numeriek de waarde van de gemeten weerstand aan, het kleine display reageert met de woorden "Hi", "Lo" of "Pass" en geeft daarmee aan of de gemeten weerstand wel of niet binnen de ingestelde grenzen valt.

# Uitgebreide meetgrootheden

**Universeel meetcentrum**
Digitale meters van de duurdere klasse kunnen tegenwoordig met recht en reden universele meetcentra worden genoemd.

Als voorbeeld wordt model PM2525 van Philips besproken. Deze meter, die *f* 1.850,00 kost, heeft een uitlezing tot 5,5 digits (155555) en kan maar liefst op veertien verschillende grootheden ingesteld worden.

## 8.2 Meetapparatuur




**Figuur 3/8.2.11-6:** Model PM2525 van Philips kan met zijn 14 meetgrootheden een universeel meetcentrum worden genoemd.

De meter biedt onderstaande meetmogelijkheden:

- gelijkspanningen:
  vijf bereiken met een maximale nauwkeurigheid van 0,02 % en een resolutie van 1 µV
- wisselspanningen top-tot-top:
  vier bereiken met een nauwkeurigheid van 1 % en een resolutie van 1 mV
- wisselspanningen effectief:
  vijf bereiken met een nauwkeurigheid van 0,3 % en een resolutie van 0,3 %
- gelijkstromen:
  acht bereiken met een maximale nauwkeurigheid van 0,1 % en een resolutie van 100 pA
- wisselstromen:
  acht bereiken met een nauwkeurigheid van 0,4 % en een resolutie van 100 pA
- weerstanden:
  zeven bereiken met een nauwkeurigheid van 0,1 % en een resolutie van 10 mΩ
- weerstanden, vier-draads techniek:
  vijf bereiken met een nauwkeurigheid van 0,1 % en een resolutie van 10 mΩ
- frequenties:
  vier bereiken met een nauwkeurigheid van 0,01 % en een resolutie van 0,1 Hz
- capaciteiten:
  zes bereiken met een nauwkeurigheid van 1,0 % en een resolutie van 1 pF
- tijden:
  vijf bereiken met een nauwkeurigheid van 0,01 % en een resolutie van 10 µsec.
- temperaturen:
  een bereik met een nauwkeurigheid van 0,3 % en een resolutie van 0,1 °C
- decibel:
  vijf bereiken met een nauwkeurigheid van 1,0 % en een resolutie van 0,1 dB
- diodetest:
  diodespanning met een resolutie van 100 µV
- relatieve metingen:
  mogelijkheid tot het instellen van een relatief nulpunt en het meten van positieve en negatieve afwijkingen

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.11-7:** De Thurlby model 1905A gebruikt een ingebouwde microprocessor niet alleen voor standaardinstellingen, maar ook voor het uitvoeren van tamelijk ingewikkelde berekeningen op de gemeten grootheden.

**Display van functies**

Bij de PM 2525 worden alle functies van het apparaat ingesteld met drukknoppen. De geselecteerde functies verschijnen in de onderste regel van het LCD-scherm. Dit is overigens een faciliteit die bijna alle microprocessor bestuurde meetapparaten gemeen hebben. Het vervangen van draaischakelaars door drukknoppen werkt niet alleen plaats besparend maar is, na even wennen, ook veel sneller in het gebruik.

De omvorming van een gewoon numeriek display in een echt schermpje waarin ook functies en meetbereiken worden aangegeven werkt de overzichtelijkheid van de meting in de hand.

## “Intelligente” meters

**Inleiding**

Diverse reeds besproken meters zijn uitgerust met een microprocessor die berekening op de metingen uitvoert.

Zo zal de Philips PM2525 dB-waarden niet echt als dusdanig meten, maar deze berekenen uit de gelijkgerichte effectieve waarde.

**8.2 Meetapparatuur**

Ook vermogens die in weerstanden worden gedissipeerd worden uiteraard berekend.
Toch kan men dit nog niet echt "intelligente" metingen noemen.

Een voorbeeld van een digitale universeelmeter die echt "intelligent" met de metingen omgaat is het model 1905A van Thurlby.
Dit apparaat wordt voorgesteld in figuur 3/8.2.11-7, heeft een uitlezing tot 299999 en wordt grotendeels ingesteld door middel van een druktoetspaneeltje. Ondanks de zeer uitgebreide meet- en bewerkingsfaciliteiten kost dit apparaat toch maar *f* 2093,00.

**Bewerkingsfaciliteiten**
De 1905A van Thurlby meet uiteraard alle normale grootheden over zes meetbereiken.
De "intelligente" functies omvatten onder andere het volgende.

- Digitale filtering
  In alle digitale universeelmeters worden filtertechnieken toegepast om zo snel mogelijk na het kiezen van een ander bereik een rustige uitlezing te krijgen en voor het onderdrukken van laagfrequente stoorsignalen op de meetgrootheid.
  Normaal gebruikt men daarvoor analoge filters die echter een aantal vervelende nadelen hebben zoals trage responstijd en aantasting van de nauwkeurigheid.
  Bij de Thurlby wordt gebruik gemaakt van digitale filtering. De processor wordt gebruikt voor het instellen van de filtercoëfficiënten van dit filter. Werkt men met signalen met veel ruis, dan kan men zelfs deze coëfficiënten anders instellen!
- Berekenen van percentages
  De meter is in staat procentuele afwijkingen op het display te zetten. Een bepaalde waarde wordt als 100 % referentie ingesteld, alle volgende metingen zullen in procenten ten opzichte van deze referentie worden aangegeven.
- Instellen van offset's
  De meter is in staat de formule
  **(METING x constante) +/- offsetwaarde**
  op gelijk welke meting uit te voeren en het resultaat in het display weer te geven.
  Met deze faciliteit kan men bijvoorbeeld de uitgangsspanning van een temperatuur- of druktransducer onmiddellijk omzetten in een spanning die de gemeten fysische grootheid op het display zet.
- Databeheer
  De meter kan automatisch 100 metingen verrichten met tijdsintervallen tussen 0,3 seconde en 2 uur en de meetresultaten opslaan in een geheugen.
  Deze metingen zijn nadien een na een terug te roepen op het display.
  Bovendien kan het apparaat de minimale en maximale waarden uit de 100 metingen terug halen en de gemiddelde waarde van de metingen berekenen.

**Digitale testfuncties**
Door de geïntegreerde microprocessor kunnen "intelligente" digitale meters uitgerust worden met tal van extra faciliteiten. Een bekend voorbeeld is de functie van digitale tester.

In figuur 3/8.2.11-8 is bijvoorbeeld aangegeven hoe bij diverse Philips modellen digitale TTL pulstreinen worden geëvalueerd.

| INPUT | DISPLAY |
|---|---|
| | HOLD PROBE |
| | HOLD PROBE |
| | HOLD PROBE |
| | HOLD PROBE |
| | HOLD bAd PROBE |
| | HOLD PROBE |
| open circuit | HOLD OPEn PROBE |

**Figuur 3/8.2.11-8:** Het aangeven van de staat van een digitale pulstrein op het display van een digitale universeelmeter.

# Oscilloscopen met extra faciliteiten

**Drie of vier kanalen**

Alle apparaten die meer dan duizend gulden moeten opbrengen zijn tegenwoordig uitgerust met twee identieke kanalen. Dat is niets nieuws!

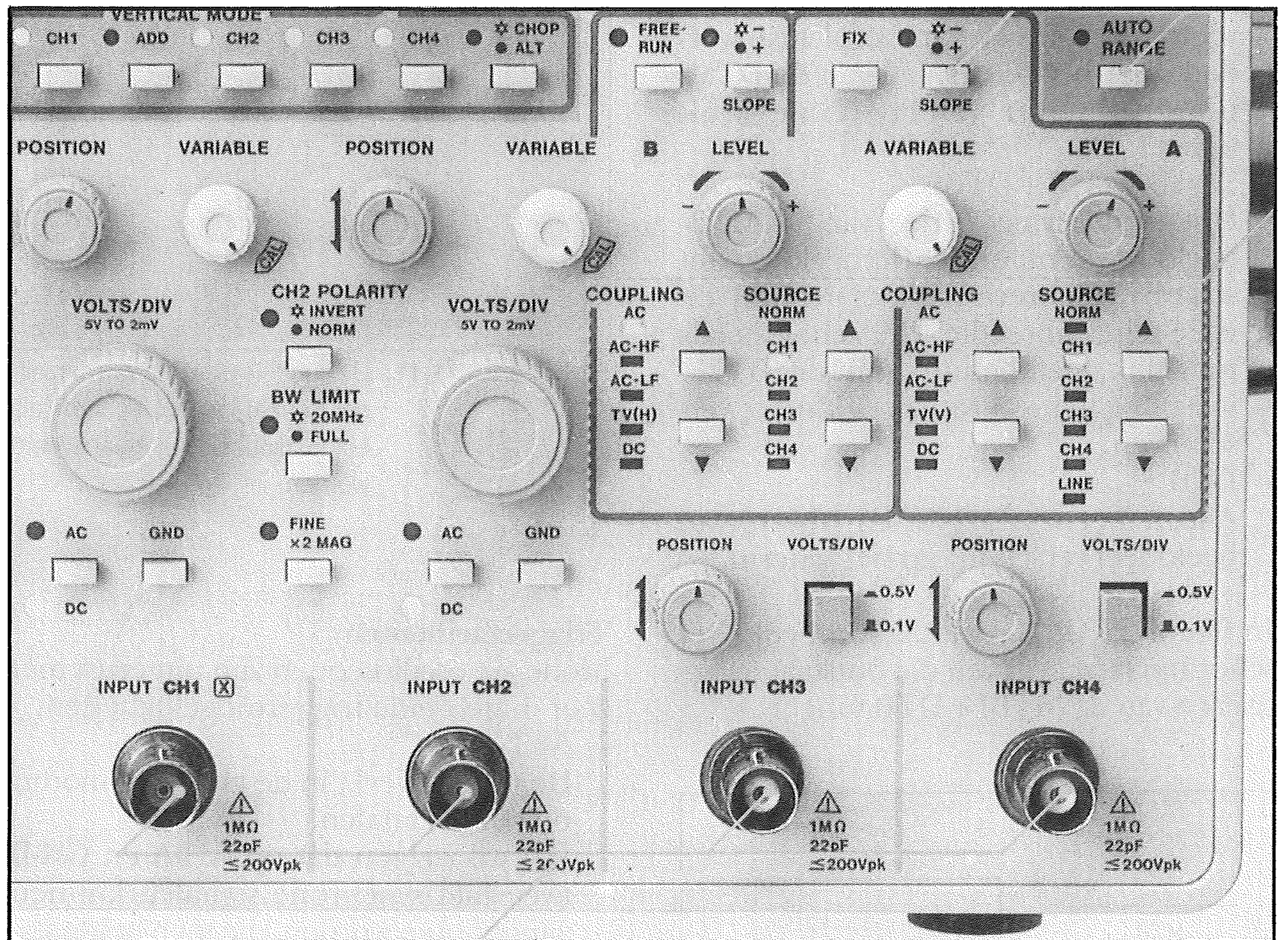
De tendens bij duurdere modellen is echter meer dan twee ingangskanalen aan te bieden. Er zijn in wezen twee verschillende benaderingen.

- Trigger view
  Vele Philips modellen tussen de *f* 2.500,00 en *f* 5.000,00 zijn voorzien van een knop waarmee men het triggersignaal als derde kanaal op het scherm zichtbaar kan maken.
  Deze voorziening heeft uiteraard alleen zin als men een extern signaal als triggerbron gebruikt en de twee overige signalen gesynchroniseerd met dit triggersignaal verlopen. Dat triggerkanaal heeft echter nauwelijks instellingen. Zo is geen verzwakker aanwezig en kan men in feite alleen maar de signaalkoppeling instellen tussen DC of AC. Het signaal wordt in het midden van het scherm geschreven, men moet met de positieregelaars van de twee hoofdkanalen de indeling van de drie signalen op het scherm instellen. Ondanks deze beperkte voorzieningen biedt deze "trigger view" toch handige mogelijkheden als men bijvoorbeeld in TTL-schakelingen meet.
- Twee hulpkanalen
  Japanse oscilloscopen zijn tegenwoordig vaak uitgerust met twee extra ingangskanalen CH-C en CH-D. Deze hebben eigen ingangen op de frontplaat, een positieregelaar, een 1/10 verzwakkerknop en een instelknop voor AC/DC. De bandbreedte is echter gelijk aan deze van de twee hoofdkanalen CH-A en CH-B. Soms kan men de C- en D-signalen betrekken bij de triggering of de signalen optellen dan wel aftrekken van A en B.

Als voorbeeld wordt aan de hand van figuur 3/8.2.11-9 de mogelijkheden besproken die Panasonic's model VP-5516A te bieden heeft.

Links treft men de ingangen en bedieningsorganen van de twee hoofdingangen CH1 en CH2 aan. Daarnaast de twee hulpingangen CH3 en CH4 met de positieregelaars en de tweestanden verzwakkers. In het kadertje "VERTICAL MODE", links boven, zitten zes druktoetsen waarmee men een combinatie van de vier ingangskanalen op het scherm kan zetten, al dan niet gesommeerd.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.11-9:** Deel van het bedieningspaneel van de VP-5516 A van Panasonic.

Daarnaast de twee instellingen voor de triggering van de twee tijdbasissen, waaruit duidelijk blijkt dat men beide tijdbasissen onafhankelijk van elkaar op een van de vier ingangen kan laten triggeren.

**Dubbele tijdbasis**
Uiteraard zijn alle moderne oscilloscopen voorzien van twee tijdbasissen. De ene, meestal MTB genoemd, is de hoofdtijdbasis (Main Time Base). De tweede tijdbasis DTB is de vertraagde (Delayed Time Base), die een instelbare tijd na MTB zal starten en waarmee men dus een deel van het MTB-beeld vergroot in de tijd op het scherm kan zetten.

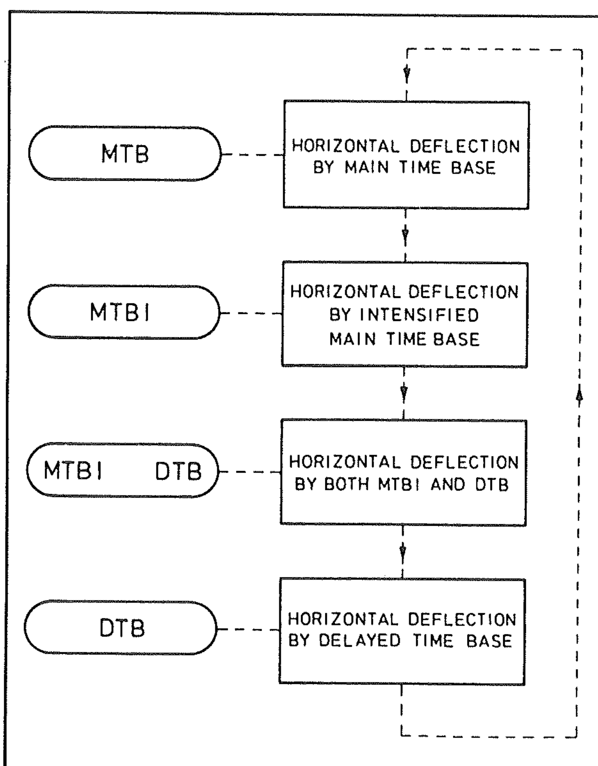
Het instellen van beide tijdbasissen gaat in vier stappen en wordt toegelicht aan de hand van figuur 3/8.2.11-10.

- Stap 1: MTB
  Men stelt de eerste tijdbasis in zodat een stabiel getriggerd beeld op het scherm verschijnt.
- Stap 2: MTBI
  Met de functie MTBI (Main Time Base Intensified) kan men een deel van het MTB-beeld met grotere helderheid op het scherm laten schrijven. De lengte van dit deel kan ingesteld worden door het instellen van de afbuigtijd van de DTB. Het startpunt van het geïntensi-

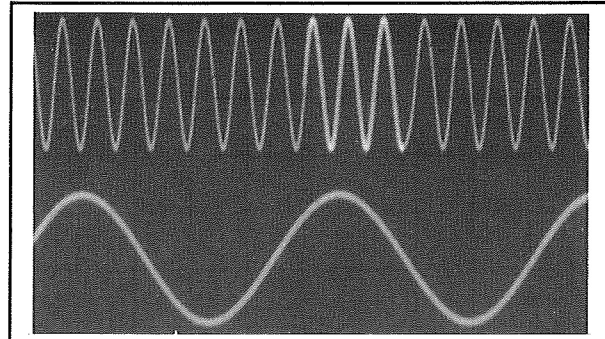
veerde beelddeel kan verplaatst worden door het verdraaien van de DTM-potentiometer (Delay Time Multiplier).

- Stap 3: MTBI + DTB
  Het geïntensiveerde deel van het MTB-beeld wordt nu onder dit beeld op het scherm geschreven, uiteraard over de volle schermbreedte. Het is nog steeds mogelijk met behulp van de DTM-instelling het vergrote beelddeel te verschuiven.
- DTB
  Alleen het vertraagde en uitvergrote beelddeel verschijnt op het scherm.

In figuur 3/8.2.11-11 is als voorbeeld het schermplaatje gegeven dat ontstaat na activeren van de MTBI + DTB functie.




**Figuur 3/8.2.11-10:** Het instellen van de tijdbasissen op een oscilloscoop met dubbele tijdbasis.



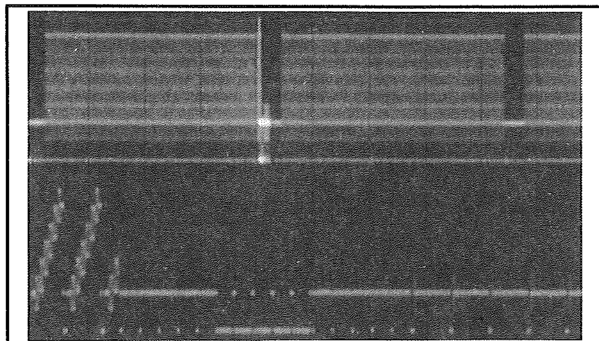
**Figuur 3/8.2.11-11:** De dubbele uitlezing van hetzelfde signaal op het scherm als beide tijdbasissen geactiveerd worden.

**Triggerfaciliteiten**

Moderne oscilloscopen zijn uitgerust met zeer uitgebreide triggermogelijkheden.

- ALT-TRIG
  De trigger werkt in de alternate-modus op beide kanalen.
  Dat wil zeggen dat op CH-A en CH-B twee niet synchrone signalen kunnen aangesloten worden, die toch beide stabiel in beeld komen!
  Wordt kanaal A geschreven, dan schakelt de trigger om naar dat kanaal en triggert de tijdbasis bij de nuldoorgang van het signaal op CH-A. Wordt vervolgens kanaal B geschreven, dan schakelt de triggerschakeling om naar dat kanaal en start de tijdbasis bij de nuldoorgang van het tweede kanaal.
- Individuele triggering van MTB en DTB
  Beide tijdbasissen beschikken over individuele triggerfaciliteiten. Meet men bijvoorbeeld een videosignaal dan kan men, zie figuur 3/8.2.11-12, de MTB laten triggeren op de beelsyncpulsen en de DTB op de lijnsyncpulsen. Zowel de beeld- als de lijnsignalen verschijnen stabiel en rostvast op het scherm.

## 8.2 Meetapparatuur

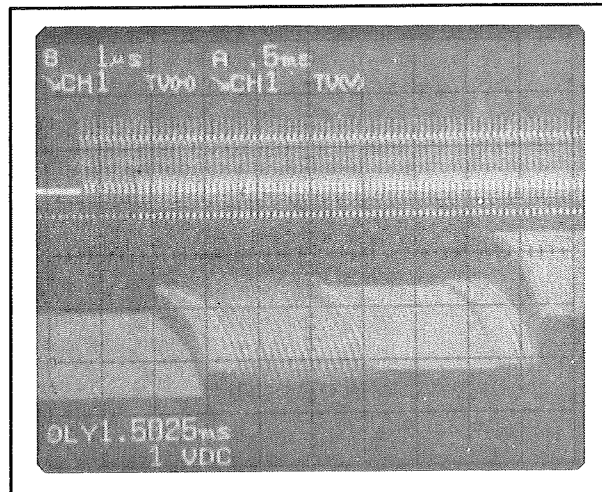


**Figuur 3/8.2.11-12:** Het instellen van de trigger van de MTB op TV-FRAME en de trigger van de DTB op TV-LINE.

- Trigger-count
  Een handige faciliteit bij het gedetailleerd bestuderen van videosignalen of complexe digitale pulstreinen. Met deze functie is het mogelijk de vertraagde tijdbasis een aantal nuldoorgangen na het triggermoment van de hoofdtijdbasis te laten starten. De scoop heeft dan een teller die telt hoe vaak het te meten signaal door nul gaat na het triggermoment. Als het ingestelde aantal bereikt is start de DTB. Op deze manier kan men bijvoorbeeld één bepaalde lijn uit een videosignaal selecteren.

### 3-D VIEW

Een speciale voorziening op de Panasonic VP-5516A wordt "3-D VIEW" genoemd. Met deze faciliteit kan men signalen onder de vorm van een driedimensionaal beeld op het scherm zetten.
Figuur 3/8.2.11-13 geeft hiervan een mooi voorbeeld.
De bovenste trace geeft het normale beeld van een videosignaal. De onderste trace geeft hetzelfde signaal, maar nu driedimensionaal.
Men krijgt op deze manier een veel beter overzicht van de totale samenstelling van het signaal.

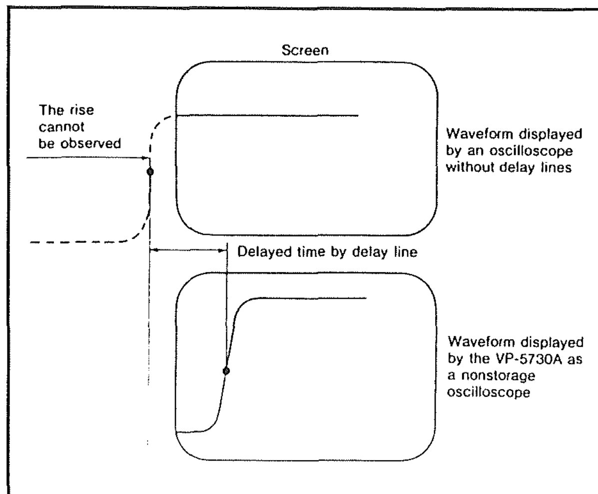



**Figuur 3/8.2.11-13:** Met behulp van de "3-D VIEW" kan men de samenstelling van complexe signalen in één oogopslag observeren.

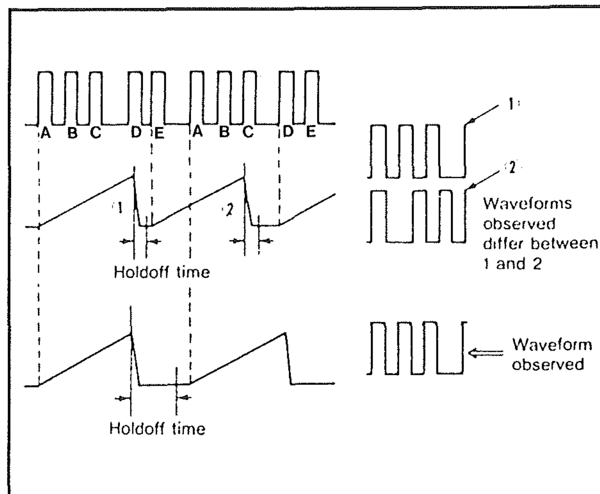
Niveauverschillen, faseverschuivingen en ruisverschijnselen kunnen in één oogopslag over het gehele beeldsignaal worden geobserveerd.

### Vertikale delay-lijn

Zelfs de beste oscilloscoop heeft een bepaalde signaalverwerkingstijd. Het gevolg is dat zeer snelle stijgtijden van pulsen niet op het scherm geschreven kunnen worden.
De trigger start immers de tijdbasis op het moment dat de voorflank van het signaal verschijnt. Door de interne verwerkingstijd van de schakelingen in de scoop zal de voorflank al afgelopen zijn voordat het beeld wordt geschreven. Breedband oscilloscopen hebben vandaar allemaal een analoge vertragingslijn in het vertikale kanaal ingebouwd, die het te meten signaal met enige ns vertraagd. Op deze manier wordt de vertraging tussen het triggermoment en het moment waarop het beeld wordt geschreven gecompenseerd en verschijnt de voorflank waarop wordt getriggerd toch in beeld.




**Figuur 3/8.2.11-14:** Het nut van een ingebouwde vertragingslijn in de vertikale signaalweg.




**Figuur 3/8.2.11-15:** De hold-off faciliteit grafisch toegelicht.

Dit wordt grafisch toegelicht in figuur 3/8.2.11-14.

Deze vertragingslijn bestaat uit een stuk coaxiale kabel dat opgerold wordt en ergens in de kast van de scoop verborgen zit.

**AUTO-SET**

Diverse oscilloscopen beschikken over een "AUTO-SET"-functie. Drukt men op deze knop, dan zal de processor in de scoop volledig automatisch de beste instellingen van verzwakker(s) en tijdbasis(sen) selecteren. Er verschijnen dan steeds bijvoorbeeld twee perioden van het signaal op het scherm, geschreven met een beeldhoogte van 4 schermverdelingen. De processor is zelfs in staat de meest geschikte triggerkoppeling op te zoeken!

**Hold-off**

Deze zeer handige faciliteit wordt toegelicht aan de hand van figuur 3/8.2.11-15.

Stel dat aan een van de ingangen van de scoop een onregelmatig, maar wel repeterend, pulsenpatroon wordt aangelegd.

De tijdbasis wordt getriggerd op de voorflank van de pulsen. Het gevolg is dat er een onstabiel beeld ontstaat, omdat bij de ene sweep getriggerd wordt op puls A en bij de volgende op puls E (bovenste figuur). Twee verschillende beelden worden door elkaar op het scherm geschreven.Met de hold-off kan men een tijd instellen tussen twee opeenvolgende sweeps. Gedurende deze tijd kan de tijdbasis niet starten. Door de holf-off potentiometer te verdraaien kan men er voor zorgen dat de tijdbasis steeds start bij het verschijnen van een A-puls (onderste tekening). Er ontstaat dan wel een stabiel beeld op het scherm.

# Analoge/digitale oscilloscopen

**Voordelen van digitale oscilloscopen**

Signalen die maar af en toe verschijnen kunnen niet goed geobserveerd worden met een analoge scoop. Voordat men het

beeld heeft bekeken is het alweer uitgestorven. Hetzelfde geldt voor signalen met zeer lage frequenties. Voor dit soort toepassingen zijn digitale apparaten ideaal. Het analoge signaal wordt door een ADC bemonsterd en omgezet in digitale codes. Deze worden opgeslagen in een geheugen. Nadat een meting is verricht kunnen deze monsters zeer snel uit het geheugen worden gelezen, door een DAC in een analoge spanning worden omgezet en met normale afbuigsnelheden op het scherm zichtbaar gemaakt.

Digitale oscilloscopen zeer echter zeer duur! De goedkoopste modellen van Hewlett Packard kosten bijvoorbeeld rond de tienduizend gulden! Dat is een gevolg van het feit dat er zeer snelle analoog naar digitaal omzetters en idem geheugen-IC's noodzakelijk zijn voor het bemonsteren van snelle signalen. In de dagelijkse praktijk van de doe-het-zelver komen dergelijke moeilijke signalen echter niet voor. Een digitale scoop zou nuttig zijn voor bijvoorbeeld het bestuderen van de uitgangssignalen van afstandsbedieningen. Dan is een bandbreedte van nog geen 100 kHz al meer dan voldoende.
Dergelijke laagfrequente signalen kunnen goed bemonsterd worden met goedkope, trage ADC's. Maar dergelijke trage digitale oscilloscopen zijn dan weer volstrekt ongeschikt voor het observeren van normale signalen, waar de digitale voordelen niet van toepassing zijn!

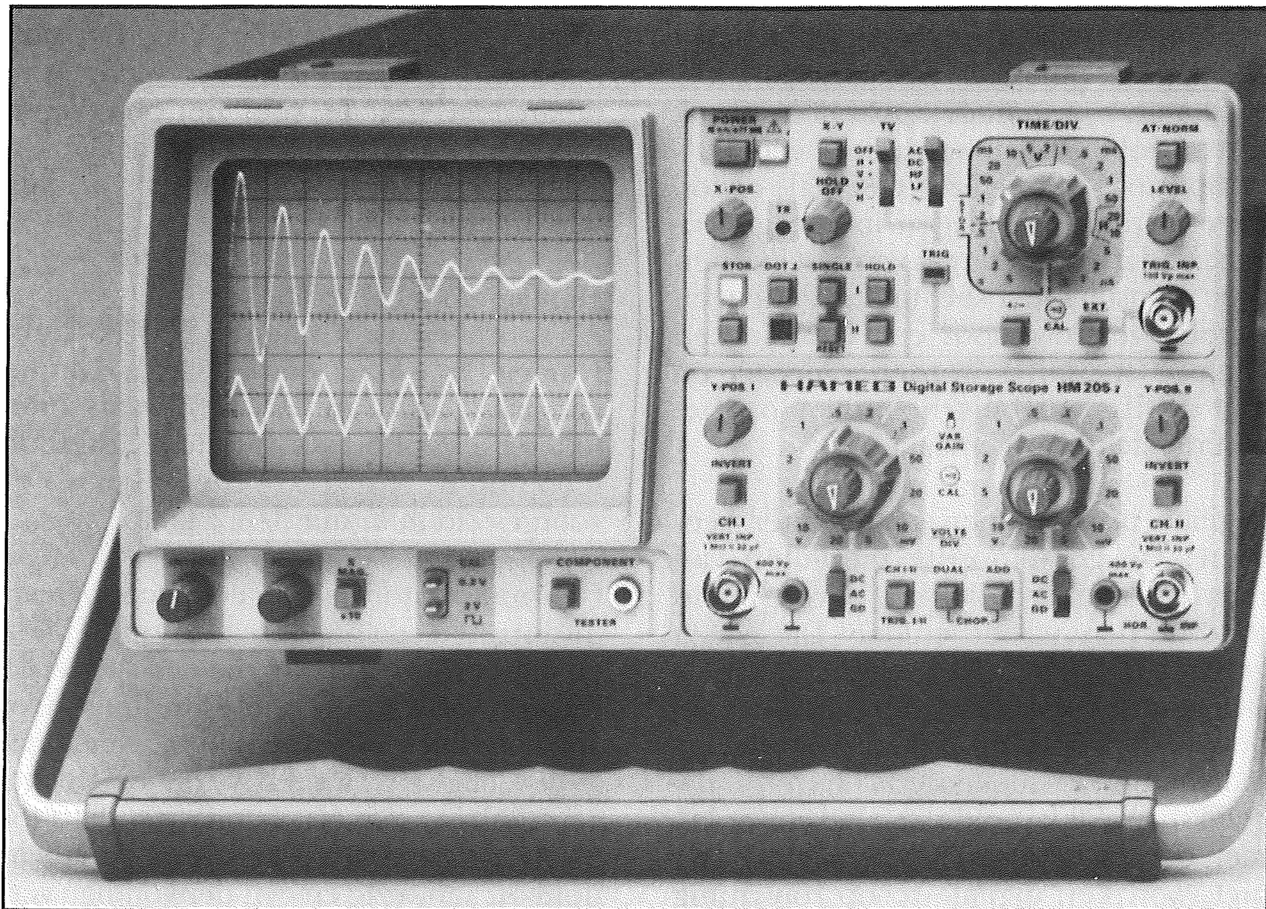
**Analoog + digitaal = ideaal**
Diverse fabrikanten zijn op het idee gekomen digitale capaciteiten in te bouwen in normale analoge oscilloscopen. De bandbreedte van het digitale deel is dan tamelijk laag, zodat de noodzakelijke schakelingen goedkoop te fabriceren zijn. Het analoge deel van het apparaat heeft een veel hogere bandbreedte. Voor het normale werk gebruikt men het apparaat in de analoge functie, voor het observeren van laagfrequente of trage eenmalige verschijnselen schakelt men om naar de digitale functie.

**Hameg model HM205-2**
Als voorbeeld wordt model HM205-2 van Hameg besproken, een apparaat dat met een prijskaartje van *f* 1.900,00 waarschijnlijk de goedkoopste analoge/digitale scoop op de markt is. Deze scoop wordt voorgesteld in figuur 3/8.2.11-16.

Gebruikt als normale analoge scoop biedt dit apparaat een bandbreedte van 20 MHz en alle verdere functies die een moderne laaggeprijsde scoop te bieden heeft. Het apparaat heeft twee kanalen met maximale gevoeligheid van 5 mV/div en slechts één tijdbasis met een bereik van 0,2 s tot 50 ns per verdeling. Er is een variabele hold-off aanwezig en een tienvoudige vergroting van de afbuiging. De trigger heeft een actieve sync-separator voor het goed bestuderen van videosignalen.

Gebruikt als digitale scoop heeft de HM205-2 een samplingsnelheid van 5 MHz/s voor beide kanalen, zodat verschijnselen met herhalingsfrequenties van 0,02 Hz tot meer dan 100 kHz zeer nauwkeurig gedigitaliseerd kunnen worden. Er wordt gewerkt met 8 bit resolutie, de grootte van de signalen kan dus door 256 verschillende punten op het scherm gezet worden. Het geheugen heeft een capaciteit van 1024 x 8 bit voor ieder kanaal. De punten waaruit het beeld is opgebouwd worden door de "DOT-JOIN"-functie met elkaar verbonden, zodat een goed interpreteerbaar beeld ontstaat.

**8.2 Meetapparatuur**



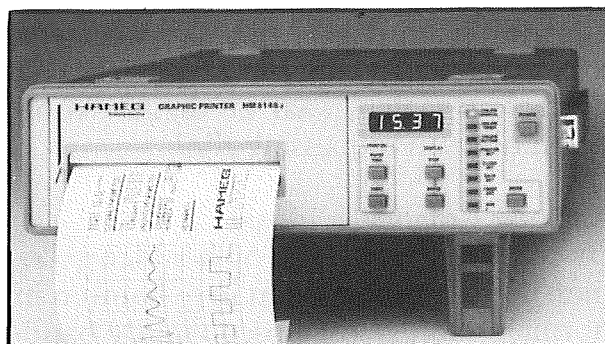

**Figuur 3/8.2.11-16:** Model HM205-2 van Hameg is de goedkoopste gecombineerde analoge/digitale oscilloscoop.

De minimale tijdbasissnelheid bij digitaal gebruik bedraagt 5 s/div, de maximale 20 µs/div.

Dit apparaat, voorgesteld in figuur 3/8.2.11-17, kost *f* 1.900,00.

## Grafische printers

Verschillende fabrikanten leveren bij hun analoge/digitale instrumenten grafische printers, waarmee men de digitaal opgeslagen signalen op een strook papier kan afdrukken. Een zeer tijdbesparende uitbreiding voor elektronici die vaak schermbeeldfoto's moeten maken voor het illustreren van testverslagen en dergelijke. Ook Hameg levert voor de HM205-2 zo'n printer onder code HM8148-2.




**Figuur 3/8.2.11-17:** De grafische printer HM8148-2 die op de Hameg scoop HM205-2 aangesloten kan worden.

Deze printer werkt thermisch op een rol warmtegevoelig papier en maakt een schermafdruk in 20 seconde. De resolutie van de afdruk bedraagt 10 pixels/mm, zodat ook het commentaar dat naast het schermbeeld wordt afgedrukt goed leesbaar is.

# Digitale scoop's met LCD-scherm

### "Hand-held" oscilloscopen

Traditionele oscilloscopen zijn tamelijk omvangrijke instrumenten. Wie wel eens de kast van een scoop heeft open geschroefd heeft vastgesteld dat de inhoud van de behuizing voor het grootste gedeelte uit lucht bestaat. De elektronica neemt erg weinig plaats in. Het zijn alleen de beeldbuis en de grote trafo voor het opwekken van de tientallen kV grote naversnellingsspanning voor de buis die de afmetingen van de kast bepalen.

De afmetingen van een scoop zouden tot handzame afmetingen gereduceerd kunnen worden als men er in zou slagen de beeldbuis te vervangen door een LCD–paneeltje. De eerste exemplaren met vloeibaar scherm zijn inmiddels op de markt, al moet gezegd worden dat de prestaties die deze apparaten hebben in het niets verzinken bij de specificaties van traditionele scope's.

Natuurlijk hebben LCD-schermen het grote voordeel dat zij zo plat zijn als een dubbeltje en nauwelijks vermogen opnemen. De scope kan dus uit kleine batterijtjes gevoed worden en de afmetingen gereduceerd tot een plat kastje dat men gemakkelijk in de hand kan houden. Voor servicewerkzaamheden zijn dat zeer aantrekkelijke eigenschappen en het valt te verwachten dat er steeds meer apparaten met LCD-scherm op de markt zullen komen.

Aan de hand van de bespreking van modellen van Leader en Gossen kan men een indruk krijgen van de specificaties die deze apparaten op dit moment te bieden hebben.

### De Leader model 200

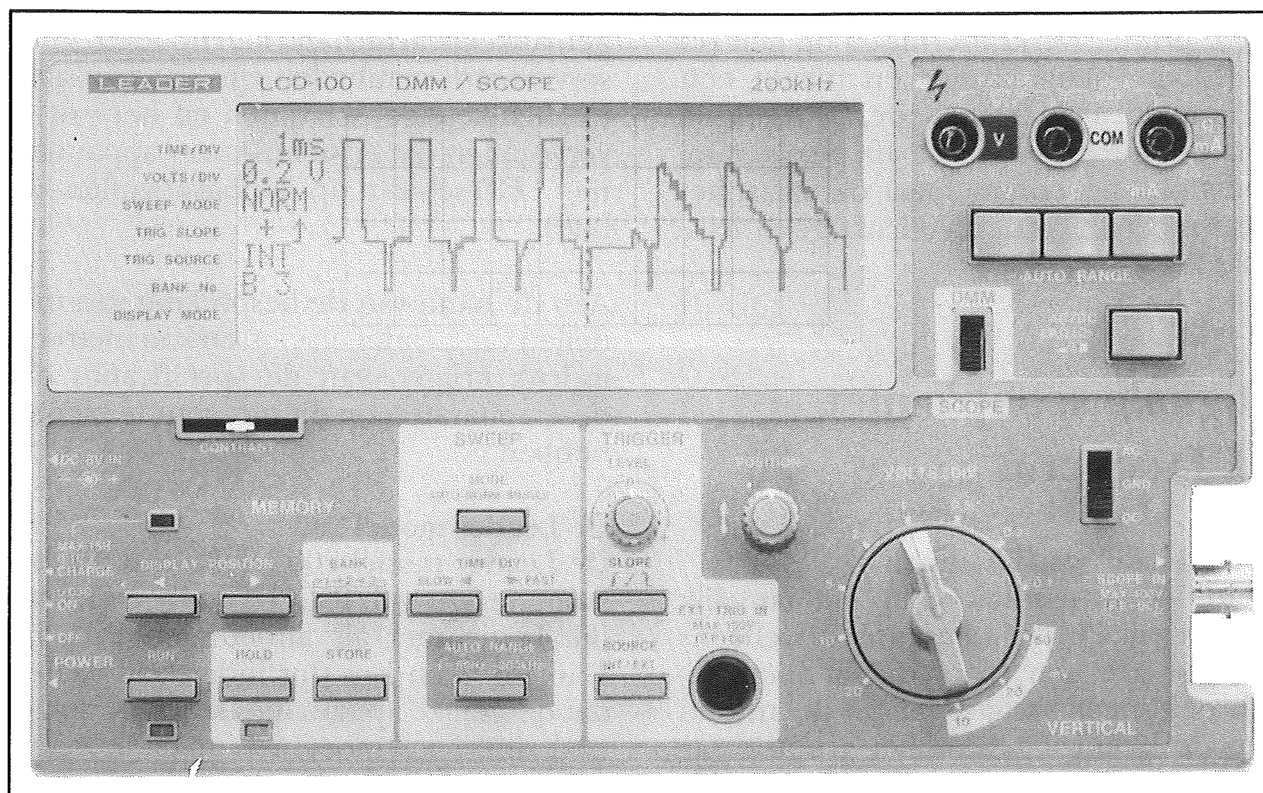
De Leader model 200 DMM/SCOPE bestaat, zie figuur 3/8.2.11-18, uit een 5,2 cm dik kastje met als afmetingen 22,6 bij 13,6 cm. Men kan dus inderdaad stellen dat dergelijke apparaatjes klein en draagbaar zijn! Toch moet men op dit moment ongeveer *f* 2.000,00 voor dit apparaat neertellen.

Het display bestaat uit een LCD-scherm met een resolutie van 64 bij 192 punten. Erg veel is dat niet en het is te begrijpen dat de beelden tamelijk onnauwkeurig op deze matrix verschijnen.
De 200 is een combinatie van een digitale multimeter en een digitale oscilloscoop.

De multimeter heeft een maximale uitlezing van 3199 en meet de normale vijf basisfuncties (V, A en Ω) van iedere meter.

De oscilloscoop werkt met een resolutie van 6 bit en met een conversiesnelheid van 0,333 μs/sample. Het geheugen kan 3 monsters van 256 samples bevatten. De tijdbasis heeft een bereik van 20 s/div tot 5 μs/div, de bandbreedte gaat tot 200 kHz. De gevoeligheid van beide kanalen bedraagt 10 mv/div.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.11-18:** De Leader model 200 is een van de eerste LCD-oscilloscopen die op de markt verscheen.

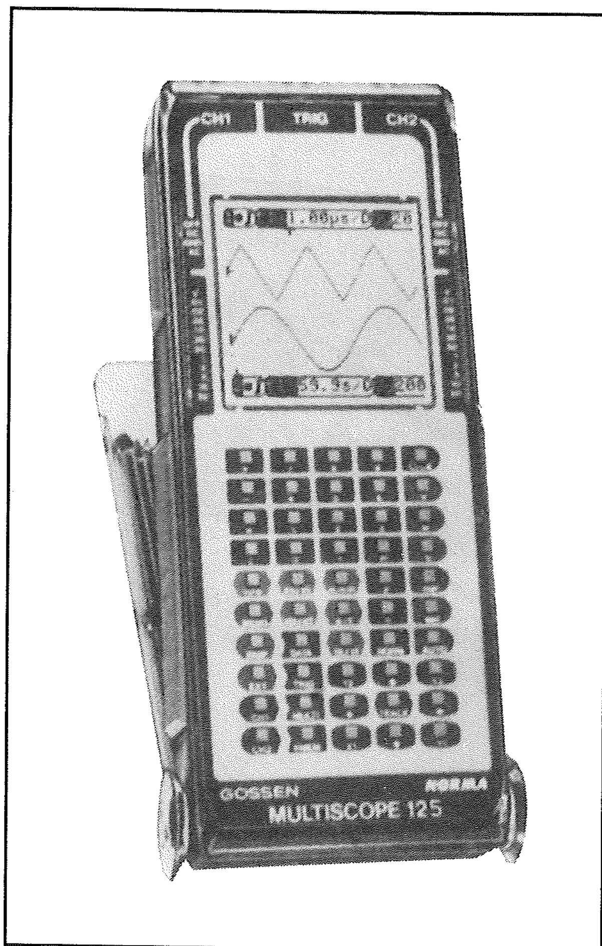
Een bijzondere voorziening is dat de schakelingen van de multimeter en van de scoop volledig gescheiden zijn.
Men kan dus twee verschillende signalen op het apparaat aansluiten zonder dat deze elkaar beïnvloeden en snel omschakelen van de ene meting naar de andere.

**Gossen Multiscope 125**
Dat het nog kleiner kan bewijst Gossen met de in figuur 3/8.2.11-19 voorgestelde Multiscope 125.

Dit apparaat is niet groter dan een fors rekenmachine en bevat de volgende functies:
- digitale oscilloscoop;
- digitale voltmeter;
- digitale frequentiemeter;
- transiëntrecorder.

Het apparaat wordt uiteraard bestuurd door een microprocessor die vele functies volledig automatisch instelt. Zo zoekt de meter automatisch de beste instellingen van gevoeligheid en tijdbasis op.
De Multiscope 125 heeft twee kanalen met een samplingfrequentie van 20 MHz(!) en beschikt over niet minder dan 46 signaalgeheugens. De in dit geheugen opgeslagen signalen kunnen door de microprocessor bewerkt worden. Zo is het mogelijk diverse signalen bij elkaar op de tellen of te vermenigvuldigen en het resultaat weer op het LCD-scherm zichtbaar te maken.
Het apparaat heeft een RS232C aansluiting waarop men een printer of PC kan aansluiten. In het laatste geval kan de PC de besturing van het instrument volledig overnemen.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.11-19:** De Gossen Multiscope 125 is een echte "hand-held" oscilloscoop.

# Analoge oscilloscopen met cursormetingen

**Inleiding**
Oscilloscopen zijn ideale instrumenten voor het bekijken van de vorm van signalen, maar zeer onnauwkeurige apparaten voor het nauwkeurig meten van grootheden. Maar er zijn tal van spanningen of delen van signalen te verzinnen waar digitale universeelmeters het laten afweten.

Als men bijvoorbeeld de amplitude van een smalle naaldpuls wil meten, dan kan dat niet met een universeelmeter.

Vandaar dat men op het idee is gekomen oscilloscopen van faciliteiten te voorzien waarmee men de exacte waarde van verschijnselen kan opmeten. Dit idee was een logisch gevolg van het op de markt komen van digitale geheugen oscilloscopen. De meetwaarden zitten daar immers in een geheugen en het is een koud kunstje een soort meetlineaaltje over het scherm te sturen en van ieder sample op het scherm de exacte waarde uit het geheugen af te lezen. Omdat de digitale scoop met een constant interval samples neemt is het even eenvoudig het tijdsverloop tussen twee punten van het beeld uit te rekenen.

Bijna alle digitale scoop's, zelfs de allergoedkoopste, zijn dan ook uitgerust met wat men "cursormetingen" is gaan noemen. Twee horizontale of vertikale lijnen, de cursors, kunnen over het scherm verplaatst worden. Ergens op het apparaat is een digitaal display aanwezig dat de spanning (horizontale cursoren) of de tijd (vertikale cursoren) aangeeft tussen de twee cursorlijnen.

Tegenwoordig zijn de meeste analoge microprocessor bestuurde oscilloscopen van boven de *f* 3.500,00 ook uitgerust met deze faciliteit. Met de processor kan men digitaal zeer nauwkeurig analoge spanningen genereren. Deze spanningen zijn door de afbuigschakelingen als twee horizontale of vertikale lijnen op het scherm te zetten. Uit de afbuig- en gevoeligheidscoëfficiënten van het apparaat kan de processor zeer nauwkeurig berekenen met hoeveel spanning of tijd de afstand tussen de cursoren overeen komt.

## 8.2 Meetapparatuur




**Figuur 3/8.2.11-20:** Model PM3070 van Philips, een typisch voorbeeld van een analoge oscilloscoop van de allernieuwste generatie.

Feit is dat de prijsgrens waarbij men deze mogelijkheden aantreft steeds lager wordt en binnen niet al te lange tijd zal dit waarschijnlijk net zo'n standaard voorziening op iedere scoop zijn als twee kanalen!

### Philips model PM3070

Als voorbeeld van een apparaat met cursorbesturing wordt model PM3070 van Philips besproken. Vanwege de bandbreedte van 3 x 100 MHz is dit niet het goedkoopste apparaat met cursormetingen.
Deze scoop kost namelijk *f* 5.730,00, zeker geen apparaat dat de gemiddelde doe-het-zelver op zijn wenslijstje heeft staan. Toch wordt dit apparaat besproken omdat het een typisch voorbeeld is van een moderne analoge oscilloscoop die zowat alle nieuwe ontwikkelingen en tendensen in zich verenigt.

Het apparaat wordt volledig bestuurd door een microprocessor en heeft vandaar, zie figuur 3/8.2.11-20, drukknopbediening voor alle functies behalve deze die niet anders dan door een draaipotentiometer ingesteld kunnen worden. Naast het eigenlijke beeldscherm bevindt zich een LCD-paneeltje waarin alle instellingen van alle functies overzichtelijk worden vermeld. Bovendien kunnen de instellingen van de twee gevoeligheden en de tijdbasissen ook nog eens numeriek worden weergegeven op de bovenste rand van het echte beeldscherm.
Naast het LCD-paneel staan vijf langwerpige drukknoppen. Met deze knoppen worden de gevoeligheden van de twee

hoofdkanalen, de afbuigsnelheden van de twee tijdbasissen en de tijdvertraging van de tweede tijdbasis ingesteld. Een druk op de linkerhelft van de knop verlaagt de waarde, een druk op de rechter helft vergroot de waarde.
Daarnaast staat een druktoetspaneeltje met 21 drukknoppen.
Hiermee kan men alle overige functies instellen, zoals:

- AC/DC koppeling ingangssignalen;
- alternate of chopped werking van de twee kanalen;
- optellen of aftrekken van de twee kanalen;
- CH-A, CH-B of beide in beeld;
- selecteren van de triggermodus;
- instelling van de triggerflank;
- instellen van de tijdbasismodus;
- instellen van X/Y-bedrijf;
- tienvoudige uitrekking van de tijdas;
- inschakelen van het derde kanaal, de reeds besproken TRIGGER VIEW;
- tot slot de AUTO-SET knop, waarmee het apparaat zichzelf automatisch instelt op het beste beeld.

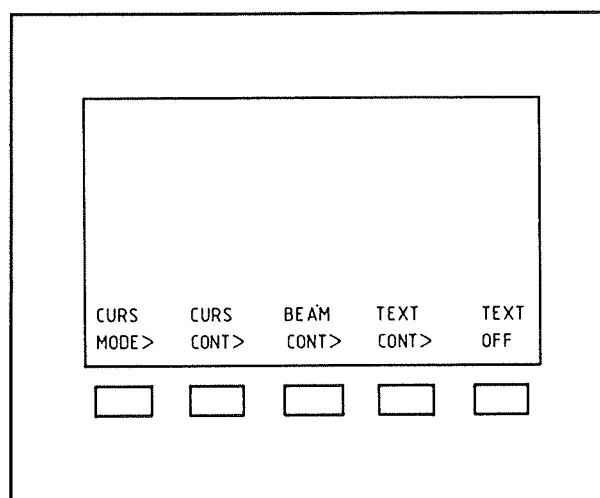
Naast deze druktoetsen zijn nog tien potentiometers opgenomen voor:

- ongecalibreerde instelling van de gevoeligheid van de twee kanalen;
- positie van de twee kanalen op het scherm;
- ongecalibreerde instelling van de hoofdtijdbasis;
- horizontale positie van het beeld;
- triggerniveau-instellingen van beide tijdbasissen;
- afstand tussen het beeld van de MTB en van de DTB;
- de hold-off instelling.

Aan de linkerzijde van het scherm zijn drie potentiometers geplaatst voor respectievelijk de beeldintensiteit, de focus en de verlichting van het schermraster.

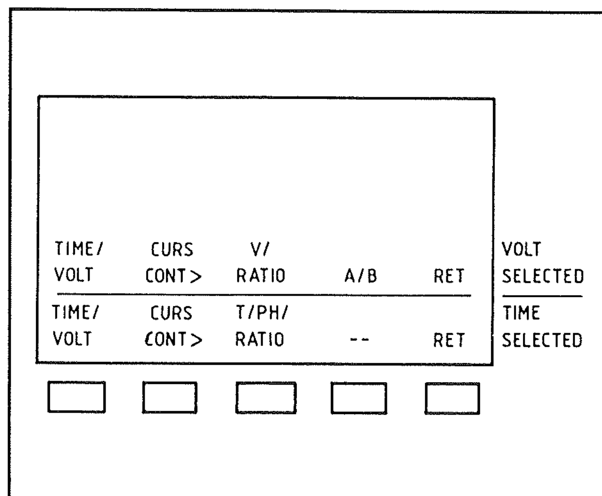
De scoop heeft een bandbreedte van 100 MHz voor alle drie de kanalen, een gevoeligheid van 2mV/div tot 10 V/div, een MTB-bereik van 50 ns/div tot 0,5 s/div, een DTB-bereik van 50 ns/div tot 1 ms/div en een DTM-bereik dat afleesbaar is tot vier decimalen na de komma.

**De cursormetingen met de PM3070**
Opmerking vooraf: de bespreking van het Philips-systeem wijkt in grote lijnen niet af van de cursorbediening bij alle andere oscilloscopen.
Onder de beeldbuis staan vijf zogenaamde "soft keys". Met deze druktoetsen kan men het gehele uitleessysteem van de cursoren activeren.
Men noemt deze toetsen "soft keys" omdat zij, net zoals de toetsenbordtoetsen bij een computer, menu's op het scherm zetten.
De menuteksten verschijnen boven de toetsen op het beeldscherm.

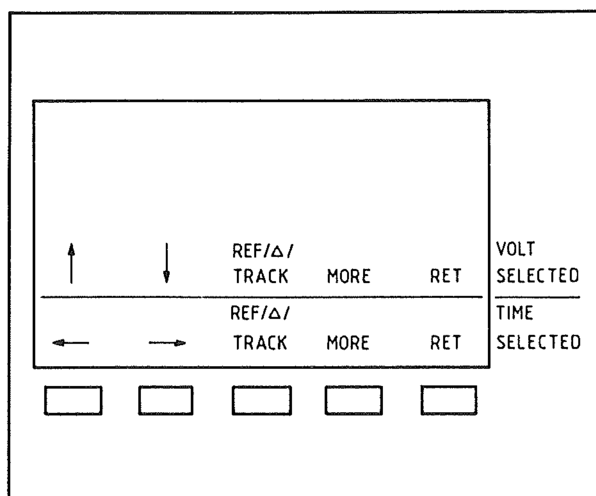



**Figuur 3/8.2.11-21:** Het openingsmenu bij het inschakelen van het apparaat.

**8.2 Meetapparatuur**

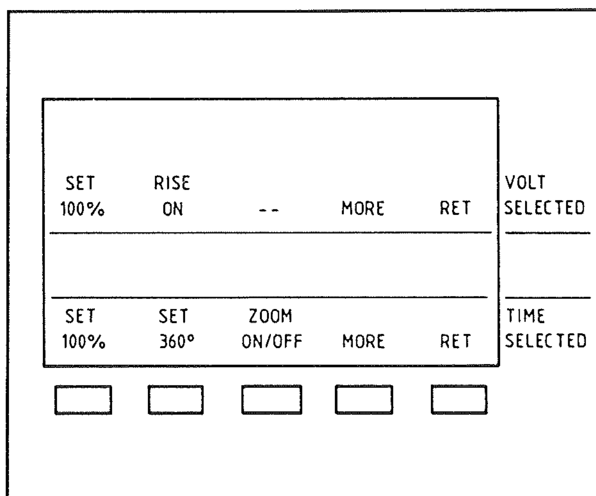



**Figuur 3/8.2.11-22:** Het submenu onder de toets "CURS MODE".




**Figuur 3/8.2.11-23:** Het menu waarmee men de cursoren over het scherm kan verplaatsen.

Na het inschakelen van het apparaat verschijnt het openingsmenu van figuur 3/8.2.11-21 op het scherm.
Het ">"-teken bij een menutekst betekent dat onder deze toets een submenu verborgen zit. Zo zal, na het indrukken van de toets "CURS MODE" het submenu van figuur 3/8.2.11-22 verschijnen.
Dezelfde toets kan gebruikt worden voor het selecteren tussen "TIME" of "VOLT". Afhankelijk van deze keuze verschijnen de twee in de figuur gegeven teksten boven de toetsen. Na selectie "VOLT" kan men selecteren tussen "V" of "RATIO". In het eerste geval wordt de spanning tussen de beide cursorlijnen absoluut in V gemeten, in het tweede geval kan men een cursorafstand als 100 % referentie instellen en worden nadien alle cursorverplaatsingen uitgedrukt in procenten ten opzichte van deze 100 %.
Kiest men voor "TIME" dan kan men selecteren tussen "T", "PH" of "RATIO". "PH" staat voor fase, men kan een cursorafstand als 360° definiëren waarna iedere andere cursorafstand als faseverschuiving ten opzichte van deze 360° wordt gemeten.

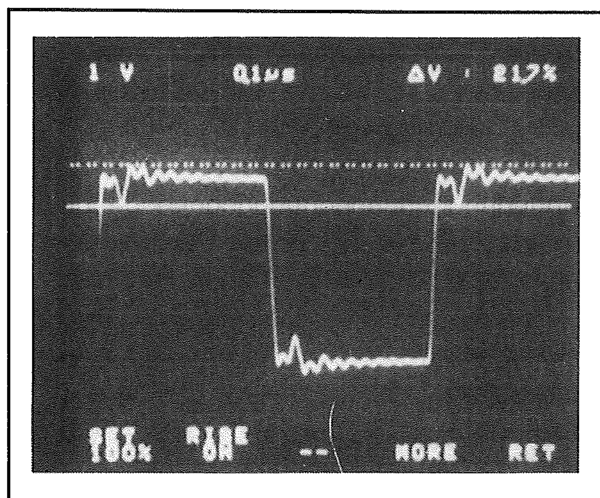



**Figuur 3/8.2.11-24:** Het laatste submenu voor het bedienen van de cursormetingen.

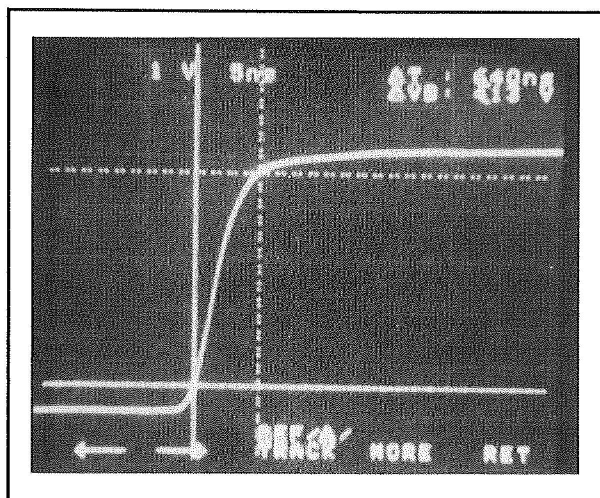
Na druk op de toets "CURS CONT" komt submenu figuur 3/8.2.11-23 op het scherm.
Met dit submenu kan men de twee cursoren "REF" en "Δ" over het scherm verplaatsen met de toetsen "←" en "→". De twee cursoren zijn gezamenlijk te verplaatsen als men kiest voor "TRACK".

Na druk op de toets "MORE" verschijnt een van de twee menu's van figuur 3/8.2.11-24 op het scherm.
Hiermee kan men de 100 % en 360° referenties instellen en de semi-automatische functie selecteren waarmee men stijgtijden meet.

In de figuren 3/8.2.11-25 en 3/8.2.11-26 zijn twee voorbeelden gegeven van het werken met de cursoren.




**Figuur 3/8.2.11-25:** Het meten van de overshoot op een signaal in procenten.




**Figuur 3/8.2.11-26:** Het semi-automatisch meten van de stijgtijd van een puls.

In de eerste figuur wordt gemeten hoeveel procent de overshoot op een signaal bedraagt. De twee cursoren worden eerst op het onderste en bovenste niveau van de blokgolf ingesteld. Na activeren van de functie "SET 100 %" wordt deze spanning als 100 % referentie aangegeven op het beeldscherm. Nadien verplaatst men de twee cursoren totdat de overshoot ertussen gevangen zit. Recht boven op het beeldscherm kan men aflezen dat deze overshoot 21,7 % van de amplitudewaarde bedraagt.

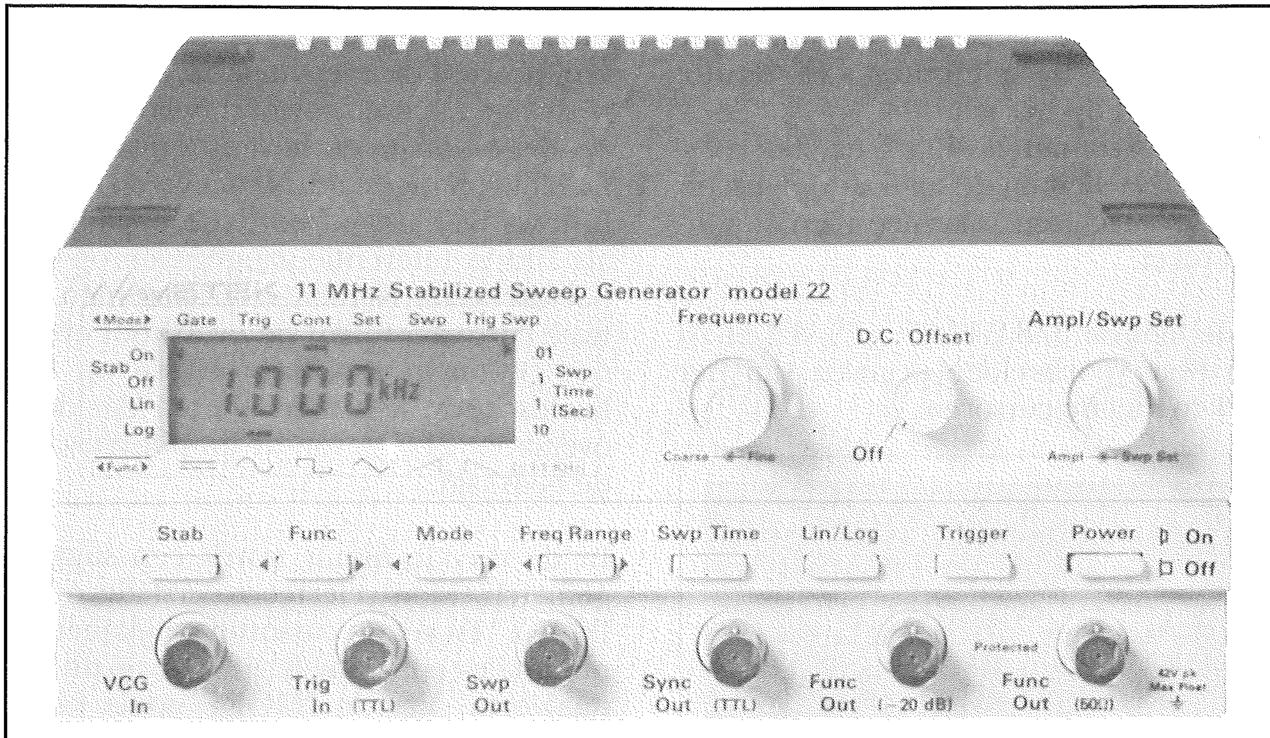
In de tweede figuur wordt een stijgtijd gemeten. Men selecteert eerst de optie "VOLT" en zet de cursoren gelijk met de minimale en maximale waarde van de signaalvorm. Via de "MORE"-toets komt men in het menu van figuur 3/8.2.11-24. Na selectie van de optie "RISE ON" gebeuren er twee dingen. Op de eerste plaats worden de horizontale spanningscursoren automatisch ingesteld op 10 % en 90 % van de signaalamplitude! Op de tweede plaats verschijnen de vertikale tijdcursoren in beeld. Men moet deze nu plaatsen op de snijpunten tussen de horizontale cursoren en de signaalvorm. Rechts boven in het beeld kan men de stijgtijd aflezen.

# Functiegeneratoren

### Wavetek model 22

Hoewel de in figuur 3/8.2.11-27 voorgestelde functiegenerator model 22 van Wavetek een van de goedkoopste generatoren uit het Wavetek assortiment is, kan men het *f* 4.899,00 kostende apparaat uiteraard geen goedkoop instrument noemen!

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.11-27:** Model 22 van Wavetek is een zeer moderne functiegenerator met gecombineerde integrator/comparator en synthesizer generatie.

Toch wordt model 22 besproken omdat deze generator bijna alle moderne ontwikkelingen op het functiegeneratorgebied verenigt.

**Specificaties**

Model 22 van Wavetek heeft de volgende specifikaties:

- frequentie:
  100 µHz tot 11 MHz in negen overlappende bereiken, uitlezing van de frequentie digitaal op display met resolutie van 1999
- signaalvormen:
  sinus, driehoek, vierkant en voor frequenties lager dan 1,1 kHz positieve en negatieve zaagtand
- uitgangsspanning:
  maximaal 20 V top-tot-top onbelast, 10 V top-tot-top bij belasting met 50 Ω, tweede -20 dB (1/100) uitgang
- uitgangsstroom:
  maximaal 100 mA(!)
- werkingsfuncties:
  - continu:
    generator werkt vrijlopend, levert dus continu signalen af
  - triggered:
    geen uitgang totdat externe triggerpuls wordt aangelegd of op de TRIGGER-knop wordt geduwd, nadien wordt één cyclus van de geselecteerde signaalvorm geleverd
  - gated:
    geen uitgang totdat externe gatepuls wordt aangelegd, nadien levert de generator signalen af totdat het gatesignaal wegvalt, de laatste periode wordt nog afgewerkt
  - set:
    de generator wekt continu signalen op

Men kan nu de eindfrequentie van een sweep nauwkeurig instellen
- sweep:
  de generator sweept continu tussen de frequentie die met de FREQUENCY-potentiometer is ingesteld en deze die met de SET-potentiometer is ingesteld
- trigsweep:
  geen uitgangssignaal totdat een triggerpuls wordt aangelegd, nadien wordt één sweep doorlopen

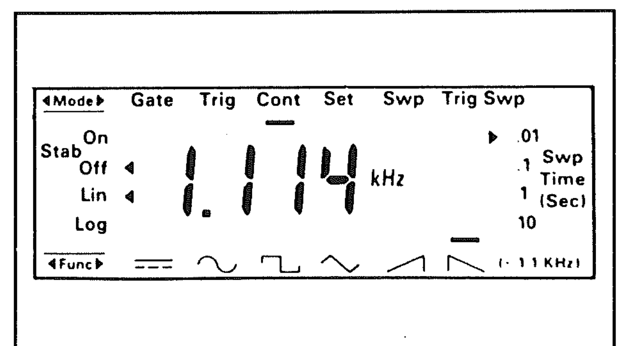
- DC offset
  signaal kan op een gelijkspanning van -10 V tot +10 V gesuperponeerd worden
- VCG
  voltage controlled oscillator, de frequentie kan in een bereik van 1/1100 gevarieerd worden in functie van de spanning die op de "VCG IN" wordt aangelegd
- sweep mode
  lineair of logaritmisch over maximaal drie decaden
- sweep time
  instelbaar op 0,01, 0,1, 1 en 10 seconde
- stabiliser
  na activeren van deze functie wordt de uitgangsfrequentie van de generator gestabiliseerd op de ingestelde waarde met een ingebouwde kristaloscillator als referentie

**Displaybegeleide bediening**
Alle functies worden door middel van drukknoppen ingesteld.
De geselecteerde functie wordt aangeduid in het LCD-venstertje van figuur 3/8.2.11-28.

**Opmerking**
In de volgende paragraafjes worden enige opgesomde functies toegelicht. Deze toelichting geldt uiteraard niet alleen voor model 22 van Wavetek, maar voor alle moderne functiegeneratoren.

**Trigger en gate mode**
Beide modes laten toe de continuïteit van het uitgangssignaal door middel van een extern signaal te beïnvloeden. Een en ander wordt toegelicht aan de hand van de grafieken van figuur 3/8.2.11-29.

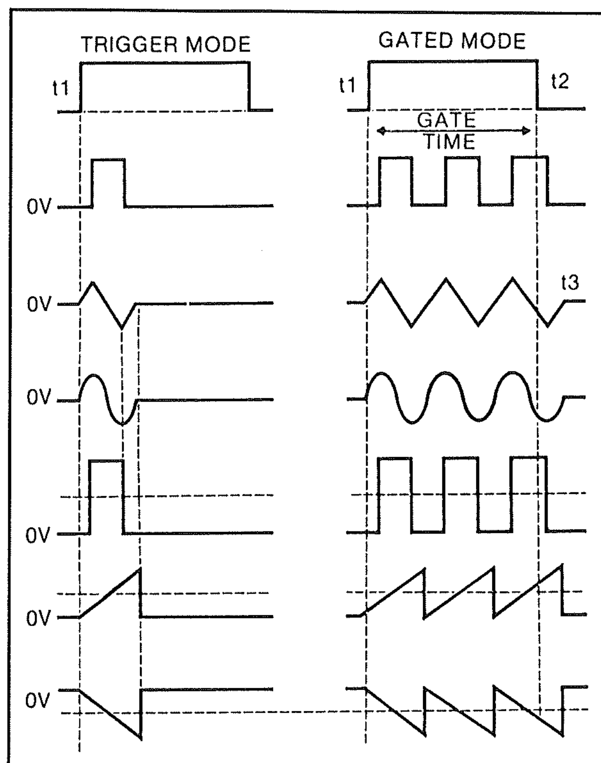
In de trigger mode zal de generator alleen een uitgangssignaal opwekken als er op de triggeringang een puls verschijnt. De generator levert slechts één periode van het geselecteerde uitgangssignaal, hoe lang of hoe kort de triggerpuls ook duurt.
In de gate mode gebeurt ongeveer hetzelfde, alleen blijft de generator signalen opwekken tot het gatesignaal verdwijnt. Wel wordt de laatste periode van het signaal volledig afgewerkt.



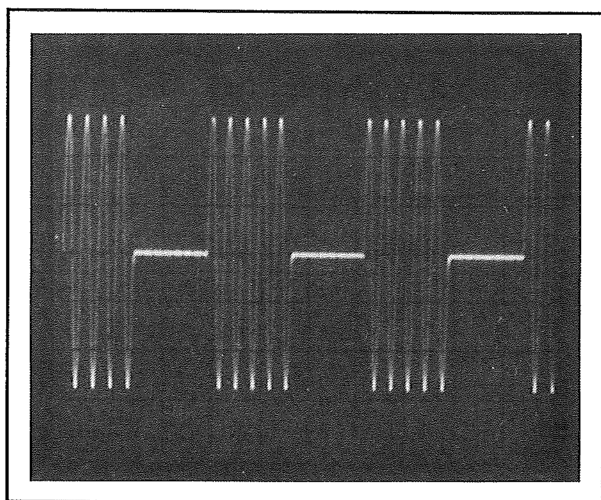

**Figuur 3/8.2.11-28:** In het LCD-venstertje wordt niet alleen de frequentie maar ook alle ingestelde functies aangeduid.

Er is dus een extern signaal nodig, dat van een tweede functiegenerator afkomstig kan zijn. Sommige apparaten zijn echter voorzien van een tweede ingebouwde zeer eenvoudige functiegenerator, waarvan de uitgangsspanning kan gebruikt worden voor het sturen van de trigger en gate modes van de hoofdgenerator.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.11-29:** De werking van de trigger en gate modes grafisch toegelicht.



**Figuur 3/8.2.11-30:** Een burstsignaal, gegenereerd dank zij de gate faciliteit van een functiegenerator.

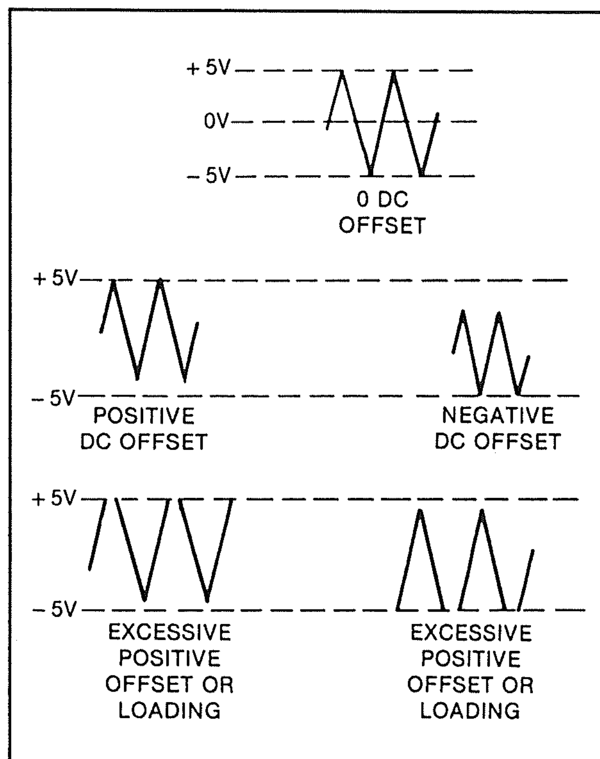
De gate mode is een zeer zinnige voorziening op een functiegenerator omdat het daarmee mogelijk is zogenaamde "bursts" op te wekken. Een burst bestaat uit een afwisseling van een aantal perioden wél signaal en een aantal perioden géén signaal. Een typisch burstsignaal is voorgesteld in figuur 3/8.2.11-30.
Met zo'n burst is het mogelijk de vertragingstijd van een analoge of digitale vertragingslijn zeer nauwkeurig te meten, de kwaliteit van nagalm- en echo-apparaten te onderzoeken en het pulsvermogen van eindversterkers te berekenen. Verder kan men met een smalle burst apparaten even zwaar overbelasten zonder dat de onderdelen door oververhitting de geest geven.

## Offset

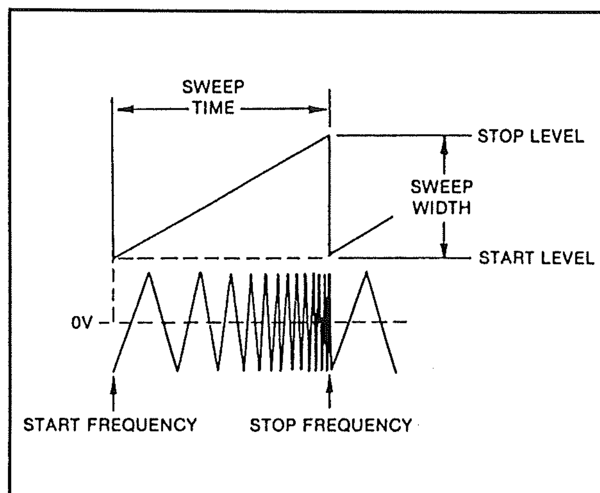
Met de offset kan men het uitgangssignaal van de functiegenerator superponeren op een instelbare gelijkspanning, zie figuur 3/8.2.11-31.
In alle gevallen is het mogelijk deze offset zowel positief als negatief in te stellen. Als het uitgangssignaal echter groot is en men stelt een grote offset in, dan zal het signaal vastlopen tegen de positieve of de negatieve voedingsspanning van de eindtrappen van de generator! Hoewel offset een standaard voorziening is op alle moderne generatoren is het nut twijfelachtig.
Meestal beperkt het gebruik zich tot het geschikt maken van de vierkantsgolfuitgang van de generator voor het sturen van TTL-schakelingen. Men geeft dan een positieve offset zodat het uitgangssignaal tussen +4,5 V en 0 V heen en weer springt.

## Sweep

Met de sweepfunctie kan men de uitgangsfrequentie van de generator lineair of logaritmisch laten stijgen tussen twee vooraf instelbare grenzen in een vooraf instelbare tijd. De werking van de sweepfunctie wordt grafisch toegelicht in figuur 3/8.2.11-32.




**Figuur 3/8.2.11-31:** De werking van de offset van een functiegenerator grafisch toegelicht.




**Figuur 3/8.2.11-32:** De werking van de sweepfunctie grafisch toegelicht.

De START- en STOP-frequenties van de sweep kunnen ingesteld worden met twee knoppen. De START-frequentie wordt meestal ingesteld met de potentiometer waarmee men normaal de uitgangsfrequentie van het apparaat instelt. Voor de STOP- frequentie staat meestal een tweede knop “SET” of “SWEEP” ter beschikking. Men kan de ingestelde STOP-frequentie op het display aflezen.
Tot slot kan men nog de SWEEP TIME instellen. In de meeste gevallen kan men kiezen tussen tijden van 10 seconde tot 10 milliseconde. De “SWEEP WIDTH” geeft de verhouding aan tussen de STOP- en de START-frequentie. Bij de meeste generatoren bedraagt deze maximaal drie decaden. Dat wil zeggen dat men bijvoorbeeld maximaal kan sweepen tussen 20 Hz en 20 kHz zodat de volledige doorlaatband van een laagfrequent versterker onderzocht kan worden. Voor dit soort metingen is het erg handig als de SWEEP logaritmisch ingesteld kan worden. Op de scoop verschijnt dan een doorlaatkarakteristiek met logaritmische frequentieschaal, net zoals dat te doen gebruikelijk is bij weergavegrafieken.

Voor dit soort metingen moet de scoop dan wel over de mogelijkheid beschikken in zogenaamd “X/Y-mode” te werken. Een van de ingangskanalen stuurt de spot dan in vertikale richting heen en weer, het andere kanaal vervangt de tijdbasis en zorgt voor de horizontale afbuiging.
Men voert het uitgangssignaal van de generator toe aan de ingang van de versterker en verbindt de uitgang van de versterker met de vertikale afbuiging van de scoop. De SWEEP-uitgang van de functiegenerator voedt het horizontale kanaal van de scoop. Naarmate de frequentie van de generator stijgt zal de spot door het SWEEP-signaal meer naar rechts worden verplaatst. Het gevolg is dat de amplitu-

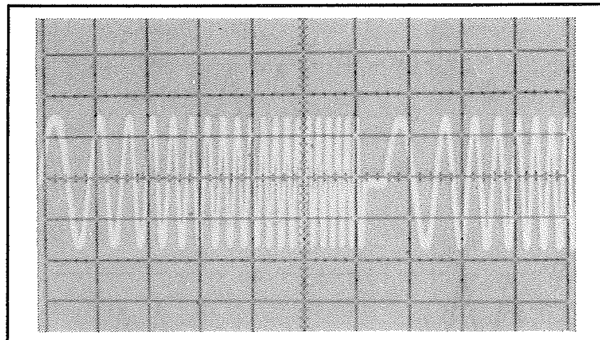
de/frequentie grafiek van de versterker op het beeld verschijnt.

Aan deze techniek zijn echter een aantal beperkingen verbonden. Op de eerste plaats zijn de beschikbare sweeptijden vrij lang, zodat geen stilstaand beeld wordt geschreven op het scherm. Men ziet de spot van links naar rechts over het scherm bewegen, de lengte van de vertikale lijn die geschreven wordt is een maat voor de versterking van de versterker bij een bepaalde frequentie. Dit bevordert de snelle interpretatie van de metingen niet! Dit probleem is uiteraard op te lossen door gebruik te maken van een digitale geheugenoscilloscoop.
Op de tweede plaats is de vertikale as lineair. Versterkt de versterker een bepaalde frequentie ten opzichte van de 1 kHz referentie slechts 0,5 maal, dan zal de lengte van de vertikale lijn op het scherm de helft zijn bij deze frequentie, vergeleken met deze bij 1 kHz. Normale amplitude/frequentie grafieken werken echter met een logaritmische vertikale as, namelijk uitgedrukt in dB. Wil het op het scherm gezette plaatje rechtstreeks geïnterpreteerd kunnen worden, dan zal men tussen de uitgang van de versterker en de ingang van de oscilloscoop een logaritmische omzetter moeten schakelen!

Tot slot van deze bespreking wordt in figuur 3/8.2.11-33 het typische uitgangssignaal van een gesweepte functiegenerator getoond. In dit geval was de SWEET WIDTH ingesteld op één decade en de SWEEP MODE op lineair.

### VCG en VCA

Twee begrippen die te herleiden zijn tot FM, Frequentie Modulatie en AM, Amplitude Modulatie.



**Figuur 3/8.2.11-33:** Het uitgangssignaal van een gesweepte functiegenerator.

Bij VCG, Voltage Controlled Generation, kan men de frequentie van de functiegenerator rond een bepaalde centrale waarde beïnvloeden door het aanleggen van een externe spanning op de VCG-ingang. In feite is dit dus een speciale vorm van sweep, waarbij de sweepspanning niet zaagtandvormig is maar iedere gewenste waarde kan hebben.
In de meeste gevallen wordt de centrale frequentie ingesteld met de frequentie potentiometer op de frontplaat en zal men moduleren met een sinusvormig signaal. De uitgangsfrequentie zal dan zowel naar boven als naar beneden gemoduleerd worden. De modulatiediepte wordt bepaald door de grootte van de spanning die men aanlegt aan de VCG-ingang. Een typische toepassing van VCG is het op het scherm van de scoop zetten van de doorlaatkarakteristiek van een afgestemd LC-filter.

Bij VCA, Voltage Controlled Amplitude, wordt de momentele grootte van het uitgangssignaal bepaald door de momentele grootte van de stuurspanning op de VCA-ingang. Ook nu is de modulatiediepte afhankelijk van de grootte van het VCA-signaal.

In figuur 3/8.2.11-34 worden de uitgangssignalen van een VCG- en VCA-gemoduleerde functiegenerator met elkaar vergeleken.
Duidelijk blijkt de FM- en AM-modulatie!

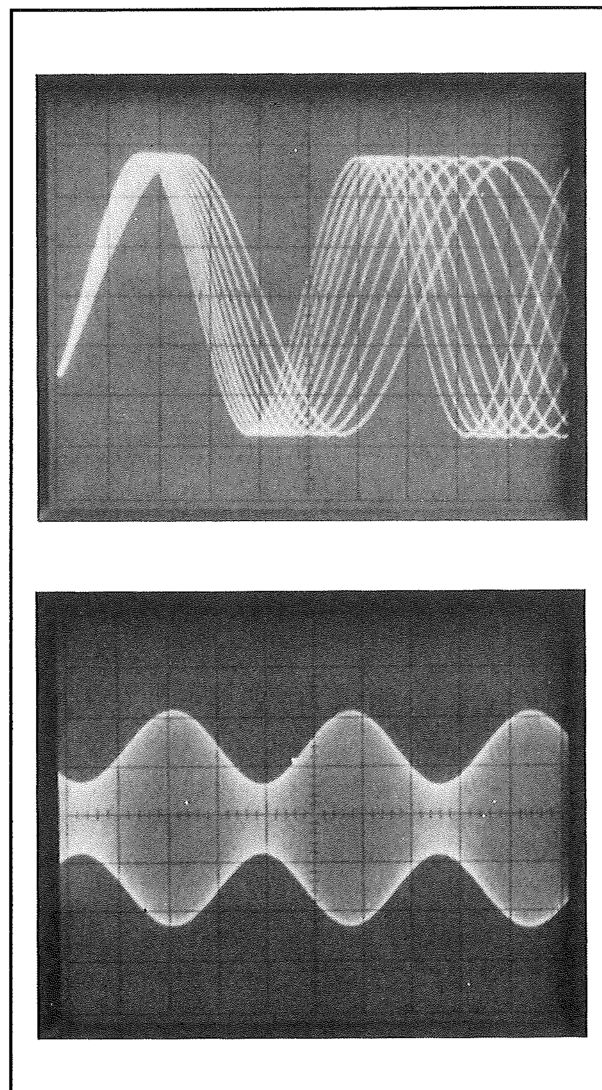
# Digitale frequentiemeters

**Inleiding**
In feite kan men niet meer spreken van frequentiemeters! De moderne apparaten beschikken allemaal over de mogelijkheid om, naast de frequentie van het ingangssignaal, nog veel meer te meten. Vandaar dat men meestal spreekt van digitale counters of tellers, omdat alle functies wel iets te maken hebben met het tellen van de pulsen die door een uiterst stabiele interne tijdbasis geleverd worden.
Als voorbeeld worden twee apparaten in de prijsklasse rond de tweeduizend gulden besproken, een van Hameg en een van Philips.
Nadien zullen nog enige begrippen worden toegelicht.

**De Hameg model HM8122**
Dit apparaat wordt voorgesteld in figuur 3/8.2.11-35.

Dit apparaat heeft drie ingangen die niet alleen als meetingang gebruikt kunnen worden maar ook als besturingsingangen. Een korte samenvatting van de specificaties.

- ingangen A en B:
  frequentiebereik tot 150 MHz bij een gevoeligheid van 20 mV en een ingangsimpedantie van 1 MΩ, stijgtijd ongeveer 3 ns, ingangsverzwakker met drie standen 1/1, 1/10, 1/100, AC of DC gekoppeld
- ingang C:
  frequentiebereik 100 MHz tot 1 GHz bij een gevoeligheid van 50 mV en een ingangsimpedantie van 50 Ω
- meetfuncties:
  - frequentie A, B of C:
    meet de frequentie van het betreffende ingangssignaal op een reciproke manier (zie later)



**Figuur 3/8.2.11-34:** Voorbeelden van de VCG- en VCA-functies bij een functiegenerator.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.11-35:** De universele programmeerbare counter HM8122 van Hameg.

- periode A:
  meet de periode van het signaal op ingang A in een bereik van 10.000 s tot 6,66 ns
- verhouding A/B:
  meet de frequentieverhouding tussen de signalen op de ingangen A en B
- totaal A:
  meet het aantal pulsen dat op A wordt genoteerd
- tijdinterval:
  meet het tijdsverloop tussen een startpuls op A en een stoppuls op B met een maximale resolutie van 10 ns
- gemiddeld tijdinterval:
  meet het gemiddelde tijdsverloop tussen een startpuls op A en een stoppuls op B over maximaal 25.000.000 metingen met een maximale resolutie van 1 ps(!)
- omwentelingen per minuut:
  berekent uit het aantal pulsen dat per seconde op A binnen komt automatisch het aantal toeren per minuut dat daarmee overeen komt. Het aantal pulsen dat de sensor per seconde afgeeft kan worden ingesteld tussen 1 en 65.535
- gatetijd:
  instelbaar tussen 1 ms en 10 s in 199 stappen
- tijdbasis:
  100 MHz met als basis een 10 MHz kristalreferentie met een nauwkeurigheid van +/-5.10$^{-7}$ tussen 10 en 40 °C. De tijdbasis heeft een veroudering van maximaal 2,5 ppm/jaar

Een zeer belangrijk gegeven bij digitale counters is de triggering. Bij de Hameg HM8122 heeft men uitgebreide triggerfaciliteiten.
Men kan op voor- en achterflanken triggeren, DC- of AC-gekoppeld en er staat per kanaal een LEVEL-regelaar ter beschikking.

**De Philips model PM6666**
Ook dit apparaat, voorgesteld in figuur 3/8.2.11-36, is een 1 GHz counter.

Een kort overzicht van de specificaties.
- ingang A:
  frequentiebereik tot 120 MHz bij een gevoeligheid van 20 mV en een ingangsimpedantie van 1 MΩ, stijgtijd ongeveer 4 ns, met AUTO LEVEL schakelaar voor het automatisch instel-

**8.2 Meetapparatuur**

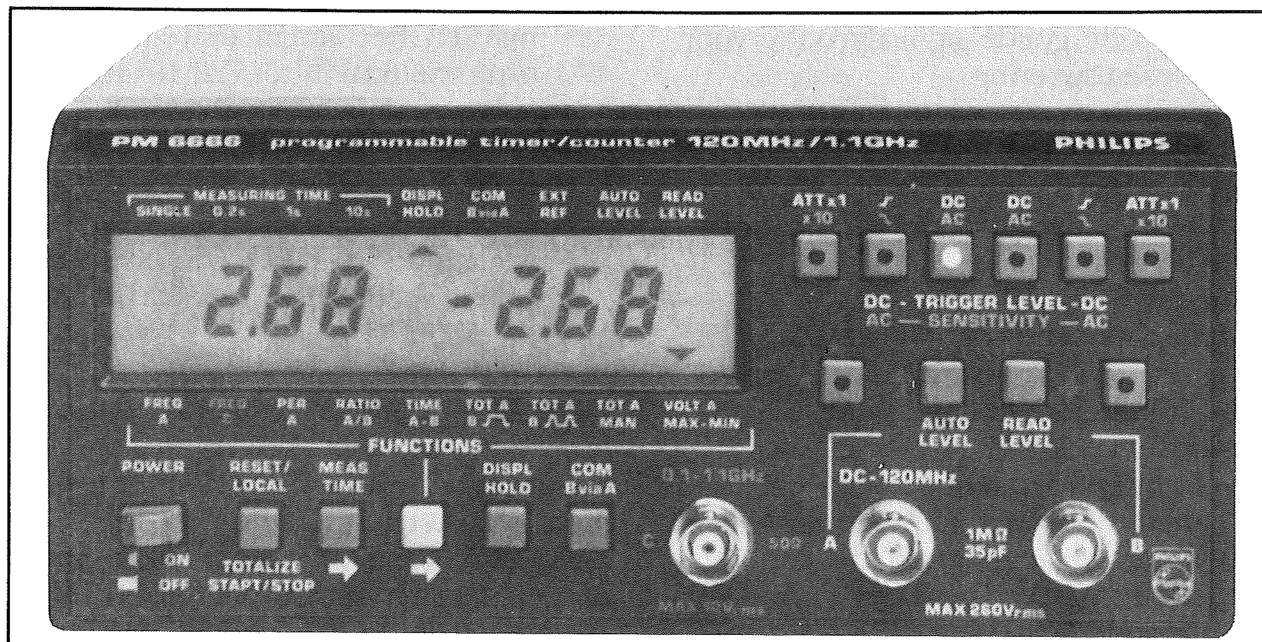
len van de goede signaalgrootte voor foutloze triggering
- ingang B:
  frequentiebereik tot 12 MHz bij een gevoeligheid van 20 mV en een ingangsimpedantie van 1 MΩ, stijgtijd ongeveer 4 ns
- ingang C:
  frequentiebereik 70 MHz tot 1,3 GHz bij een gevoeligheid van 10 mV en een ingangsimpedantie van 50 Ω
- meetfuncties:
  - frequentie A, B of C:
    meet de frequentie van het betreffende ingangssignaal op een reciproke manier (zie later)
  - periode A:
    meet de periode van het signaal op ingang A in een bereik van $2.10^{8}$ s tot 8 ns
  - verhouding A/B:
    meet de frequentieverhouding tussen de signalen op de ingangen A en B in een bereik van $1.10^{7}$ tot $1.10^{-8}$
  - totaal A:
    meet het aantal pulsen dat op A wordt genoteerd met bereik tot $1.10^{15}$ met als eenheid K of M (kilopulsen of Mega-pulsen)
  - tijdinterval:
    meet het tijdsverloop tussen een startpuls op A en een stoppuls op B met een maximale resolutie van 100 ns
  - gemiddeld tijdinterval:
    meet het gemiddelde tijdsverloop tussen een startpuls op A en een stoppuls op B over maximaal $4.10^{7}$ metingen met een maximale resolutie van 20 ns
  - omwentelingen per minuut:
    berekent uit het aantal pulsen dat per seconde op A binnen komt automatisch het aantal toeren per minuut van 6 RPM tot $720.10^{6}$ RPM
- gatetijd:
  instelbaar op 0,2 s, 1 s of 10 s
- tijdbasis:
  een speciale microprocessor gestuurde zogenaamde MTCXO (zie later) met een nauwkeurigheid van $2.10^{-7}$ tussen 0 en 50 °C

Deze Philips meter heeft dus dezelfde functies als de besproken Hameg met iets andere specificaties. Wat wel uniek te noemen is is het feit dat de meter ook de piekwaarden van de aangeboden spanningen kan meten en dat tot 50 MHz! Drukt men de "VOLT A MAX - MIN" toets is, dan wordt het negencijferige display opgesplitst in twee displays die respectievelijk de maximale en de minimale piekwaarde van het gemeten signaal aangeven. Het maximale bereik loopt tot +/-51 V, de gemiddelde nauwkeurigheid bedraagt +/-3 %.

**De tijdbasis**

De tijdbasis vormt het hart van iedere digitale counter. De pulsen die deze schakeling levert worden immers gebruikt als referentie voor het meten van frequenties en tijden. Het zal duidelijk zijn dat kristaloscillatoren hier op hun plaats zijn. Maar omdat zelfs een kristal een niet te verwaarlozen temperatuursverloop heeft moeten maatregelen getroffen worden om dit effect te neutraliseren. In de meeste gevallen wordt gebruik gemaakt van thermostaatregelingen (Hameg) die ervoor zorgen dat de tijdbasis op een constante temperatuur werkt. Nadelen zijn de vrij lange opwarmingstijd en het grote stroomverbruik. Vanwege dit laatste feit is het niet praktisch dergelijke apparaten te voorzien van batterijvoeding.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.11-36:** Model PM6666 van Philips werkt met een "split display", waardoor twee grootheden van het gemeten signaal gelijktijdig afgelezen kunnen worden.

Een andere methode, onder meer gebruikt in de PM6666, maakt gebruik van "MTCXO".
Dit begrip staat voor "Mathematically Temperature Compensated Crystal Oscillator". Het kristal dat in het apparaat gebruikt wordt doorloopt in de fabriek een temperatuurscyclus in een temperatuurkamer. Voor iedere temperatuur wordt de frequentie genoteerd. Deze gegevens worden door een computer verwerkt en opgeslagen in een EPROM. Dit IC wordt samen met het kristal in de counter gemonteerd.
In de meter is een nauwkeurige temperatuurmeter ingebouwd. De microprocessor verwerkt de gegevens van deze meter en berekent aan de hand van de in de EPROM opgeslagen gegevens de afwijking die als gevolg van het temperatuurseffect van het kristal op de meting ontstaat. Deze fout wordt automatisch verrekend alvorens het meetresultaat op het display verschijnt.

Het voordeel van deze methode is dat geen opwarmingsverschijnselen aanwezig zijn en batterijvoeding vanwege het kleine stroomverbruik mogelijk is.

**Reciproke frequentiemetingen**
Bij een traditionele digitale frequentiemeter wordt uit de kristaltijdbasis een puls met een breedte van precies een seconde afgeleid. Deze puls opent een poort, waardoor de ingangspulsen geteld kunnen worden. Omdat een signaal met een frequentie van 1,234 kHz precies 1234 perioden per seconde bevat verschijnt op het display de numerieke waarde van de frequentie. Dit systeem heeft twee nadelen.
Op de eerste plaats ontstaat er altijd een bepaalde onnauwkeurigheid doordat het openen van de poort niet gesynchroniseerd is met het signaal. In het slechtste geval kan er een verschil van twee getelde pulsen optreden tussen twee opeenvolgende metingen. Dit verschijnsel noemt men de "jitter".

## 8.2 Meetapparatuur

Op de tweede plaats kan men zeer lage frequenties alleen nauwkeurig meten door zeer lange poorttijden te kiezen. Stelt men een poorttijd in van 1 s, dan levert een signaal met een frequentie van 10,2 Hz in die tijd slechts 10 pulsen en verschijnt de frequentie van het signaal ook als dusdanig op het display! Bij een poorttijd van 10 s zullen 102 pulsen geteld worden, zodat de uitlezing gelijk wordt aan 10,2 Hz en de resolutie stijgt tot 0,1 Hz.

Vandaar dat alle moderne microprocessor gestuurde apparaten "reciprook" meten. De meter meet de tijdsduur van één periode van het signaal. De processor berekent uit deze tijd de frequentie van het signaal. Dat kan door gedurende één periode van het signaal snelle pulsen van de tijdbasis te tellen en het getelde aantal wiskundig met de formule f = 1/t te bewerken.
Bovendien kan men, om de invloed van de jitter te verkleinen, meer dan een periode meten en de meetresultaten middelen. Op deze manier is het mogelijk de frequentie van een laagfrequent signaal tot op mHz of zelfs µHz nauwkeurig te bepalen.

### Triggerproblemen

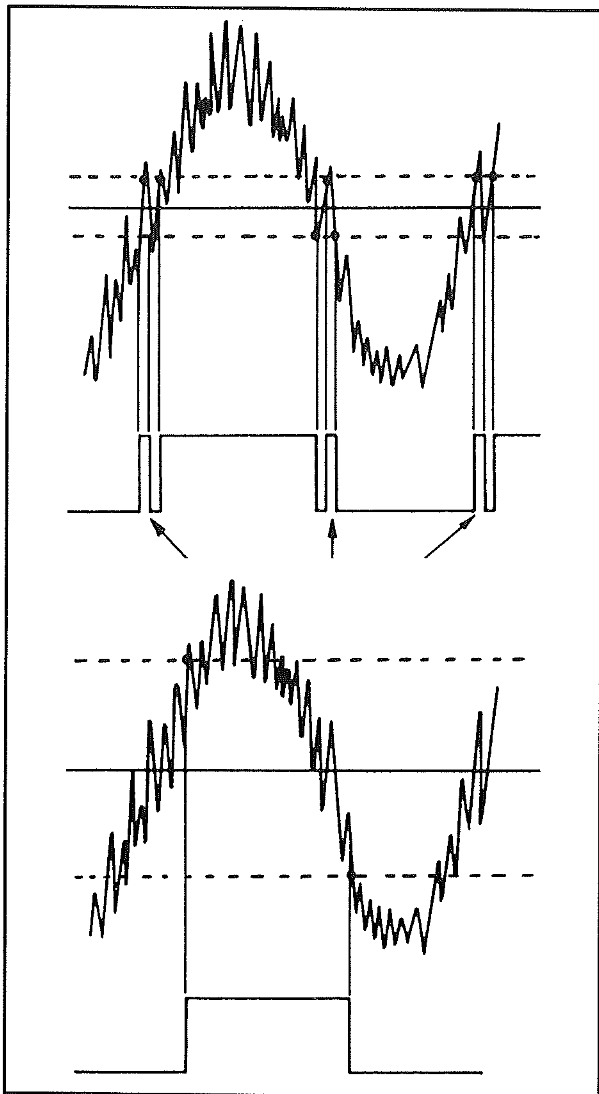
Digitaal meten van frequenties komt tegenwoordig dus neer op het bepalen van de periode van een signaal. Dat kan alleen gebeuren door het signaal te vergelijken met een bepaalde drempel. Op deze manier kan een willekeurig gevormde spanning omgezet worden in een blokspanning. Nadien kan men van deze blokspanning de duur nauwkeurig digitaal meten.

Nu zitten er aan dat vergelijken nogal wat haken en ogen. Vergelijkt men met één drempel, dan is men nooit zeker dat de volle periode in een blokspanning wordt omgezet. Het signaal zou immers in één periode diverse malen door de drempel kunnen gaan. Vandaar dat steeds vergeleken wordt met twee drempels en dat het bij de meeste apparaten mogelijk is de hysteresisch tussen deze twee drempels in te stellen.
Een voorbeeld van de noodzaak van deze voorziening is getekend in figuur 3/8.2.11-37.

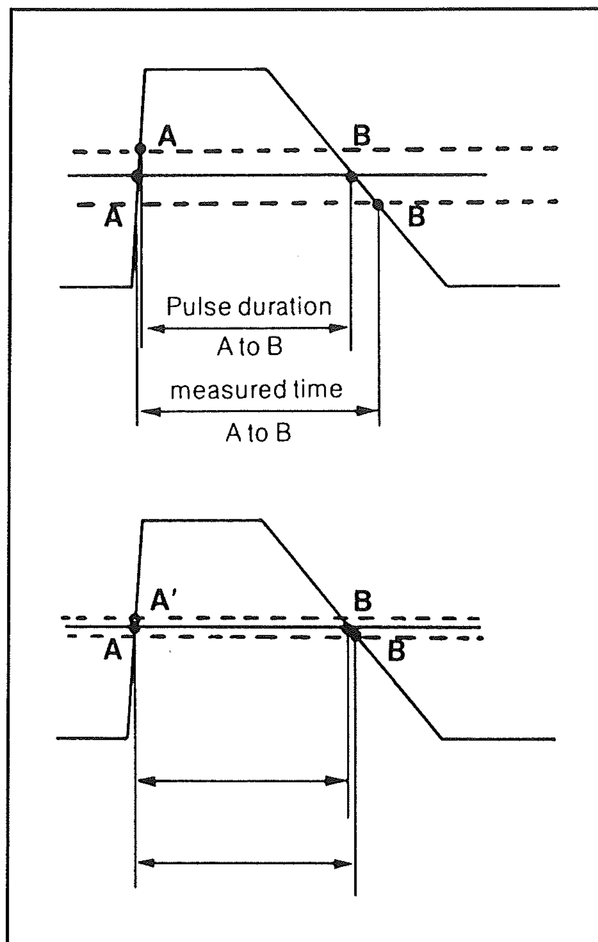
In de bovenste figuur wordt een zeer ruisrijk sinussignaal gemeten met kleine drempels. Door de ruis ontstaan smalle stoorpulsjes die de meting in de war sturen. Heeft men de mogelijkheid de drempels te vergroten dan kan men, zie de onderste figuur, de periode van het signaal stabiel meten.

Bij de meeste apparaten kan men de triggerdrempels continu regelen door middel van de LEVEL-potentiometer. Bij het meten van moeilijke of ruisrijke signalen draait men aan deze knop tot een stabiele uitlezing ontstaat.
Het vergroten van de triggerhysteresisch veroorzaakt echter fouten bij het meten van tijden. Dit wordt toegelicht aan de hand van figuur 3/8.2.11-38.

De periodeduur van een signaal met een vrij trage achterflank moet worden gemeten. In de bovenste figuur wordt een grote triggerhysteresisch ingesteld. Duidelijk blijkt dat er een langere tijd wordt gemeten vanwege het eindpunt B' waarbij het signaal door de onderste drempel van de triggercomparator gaat. Verkleint men de hysteresisch (onderste figuur) dan is de meetfout als gevolg van het triggermechanisme veel kleiner.



Figuur 3/8.2.11-37: Het nut van instelbare triggerdrempels blijkt duidelijk uit deze voorbeelden.




Figuur 3/8.2.11-38: De invloed van de triggerhysteresisch op het meten van tijden.

In het ideale geval moet men in staat zijn zowel de grootte van de drempels als de grootte van de hysteresisch in te stellen. Bij model PM6666 kan dat drukknopbediend en kan men ook de grootte van de instellingen in het display digitaal aflezen.

### Trigger holf-off

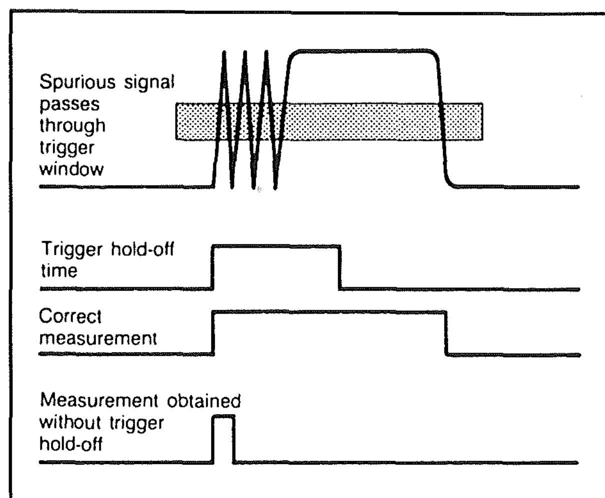
Net zoals oscilloscopen beschikken vele moderne digitale counters over een hold-off functie.

Het nut van deze voorziening zal zonder nadere toelichting wel onmiddellijk duidelijk worden bij bestudering van figuur 3/8.2.11-39!

## Externe besturing

Alle microprocessor bestuurde apparaten kunnen op afstand bestuurd worden. Daarvoor zijn verschillende gestandaardiseerde bussystemen in gebruik, zoals de GPIB of IEEE-488 bus.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.11-39:** Het nut van een hold-off op de trigger van een digitale counter.

Met deze bus kunnen meetapparaten aan een computer gekoppeld worden, waarbij de computer de bediening van alle functies van alle apparaten regelt.

Naast deze bus, die op de duurdere apparatuur wordt aangetroffen, hebben diverse fabrikanten eenvoudige interfaces ontworpen, die via een RS-232 poort werken. Met bijgeleverde software kunnen apparaten dan individueel vanuit een PC bestuurd worden.
Maar het is ook mogelijk via deze bidirectionele bus gegevens die in een geheugen van het meetapparaat zijn opgeslagen naar het geheugen van de PC te sturen. Op deze manier kan zelfs een goedkope universeelmeter omgevormd worden tot een zeer uitgebreid data-acquisitie systeem!

Bespreking van deze mogelijkheden gaat echter de intentie van dit hoofdstuk ver te boven!

## 8.2 Meetapparatuur

# 3/8.2.12

# Moderne ontwikkelingen bij analoge oscilloscopen

## Inleiding

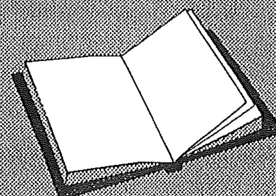
**Moderne faciliteiten**
Ook op het gebied van de traditionele analoge oscilloscoop staat de technologie niet stil! De ordinaire eenkaaals scoop met een bandbreedte van 50 MHz en een enkelvoudige tijdbasis is naar het museum verbannen. Drie- of vier ingangskanalen, dubbele tijdbasis, drukknop bediening, uitgebreide trigger-faciliteiten, on-screen display, cursormetingen, automatische instelling, dat zijn de faciliteiten waar de fabrikanten elkaar mee beconcurreren.

**Philips zet nieuwe maatstaven**
Philips heeft een pioniersrol gespeeld op het gebied van moderne ontwikkelingen in analoge oscilloscopen. Het resultaat hiervan was een zeer innovatieve reeks apparaten, met als typenummers PM305x en PM306x. Deze apparaten zijn een aantal jaren onder eigen naam verkocht. Op een bepaald moment heeft de concernleiding echter besloten alle test- en meetactiviteiten van Philips te verkopen aan Fluke. De genoemde apparatuur werd in een nieuw jasje gestopt (aluminium in plaats van zwart) en is nu nog steeds op de markt. Bij de bespreking van alle nieuwe trend's in dit hoofdstuk zal vaak teruggegrepen worden naar deze twee series die door Philips ontwikkeld zijn.

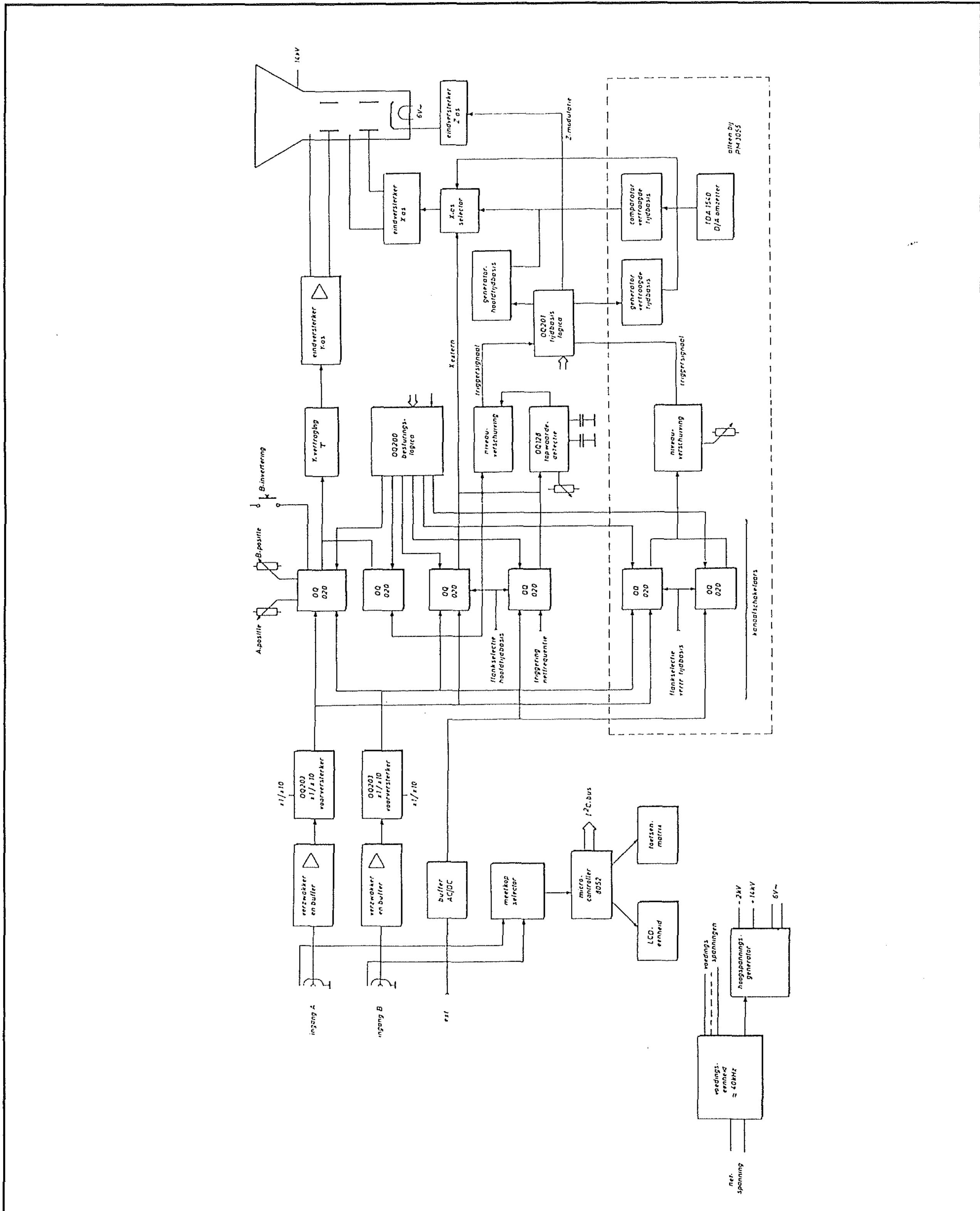
**Het blokschema van een moderne scoop**
Het blokschema van een moderne scoop is getekend in figuur 3/8.2.12-1. Dit schema geeft het blokschema van de genoemde serie van Philips, maar kan model staan voor alle overige typen.

**Microprocessor besturing**
Het zal duidelijk zijn dat de besproken functies van moderne analoge oscilloscopen niet meer uitgevoerd kunnen worden zonder microprocessoren. Iedere moderne scoop heeft dan ook microprocessorbesturing.
Bij de genoemde Philips reeksen draait de programmatuur op een ingebouwde 8052 microcontroller van Intel. Voor de communicatie tussen deze processor en de schakelingen van de oscilloscoop is gekozen voor de bekende $I^2C$-bus, ook al door Philips ontwikkeld. Dit protocol communiceert via een drie-draads bus.

**LEES OOK:**
**Hoofdstuk 3/8.2.3**
**Hoofdstuk 3/8.2.4**



## 8.2 Meetapparatuur



**Figuur 3/8.2.12-1:** Het blokschema van een moderne analoge oscilloscoop.

De hoofdtaak van de programmatuur is het initialiseren en instellen van de scoop en het besturen van het ingebouwde LCD-scherm (zie later). Een andere belangrijke taak is het voortdurend aftasten van alle elementen op het bedieningspaneel. Met deze informatie als basis moet het programma de bedieningsfuncties vertalen naar elektronische acties en de weergave op het display bijwerken.
Omdat deze serie oscilloscopen zijn voorzien van een aansluiting voor een EEE488 instrumentenbus moet de programmatuur ook het protocol voor deze bus regelen.

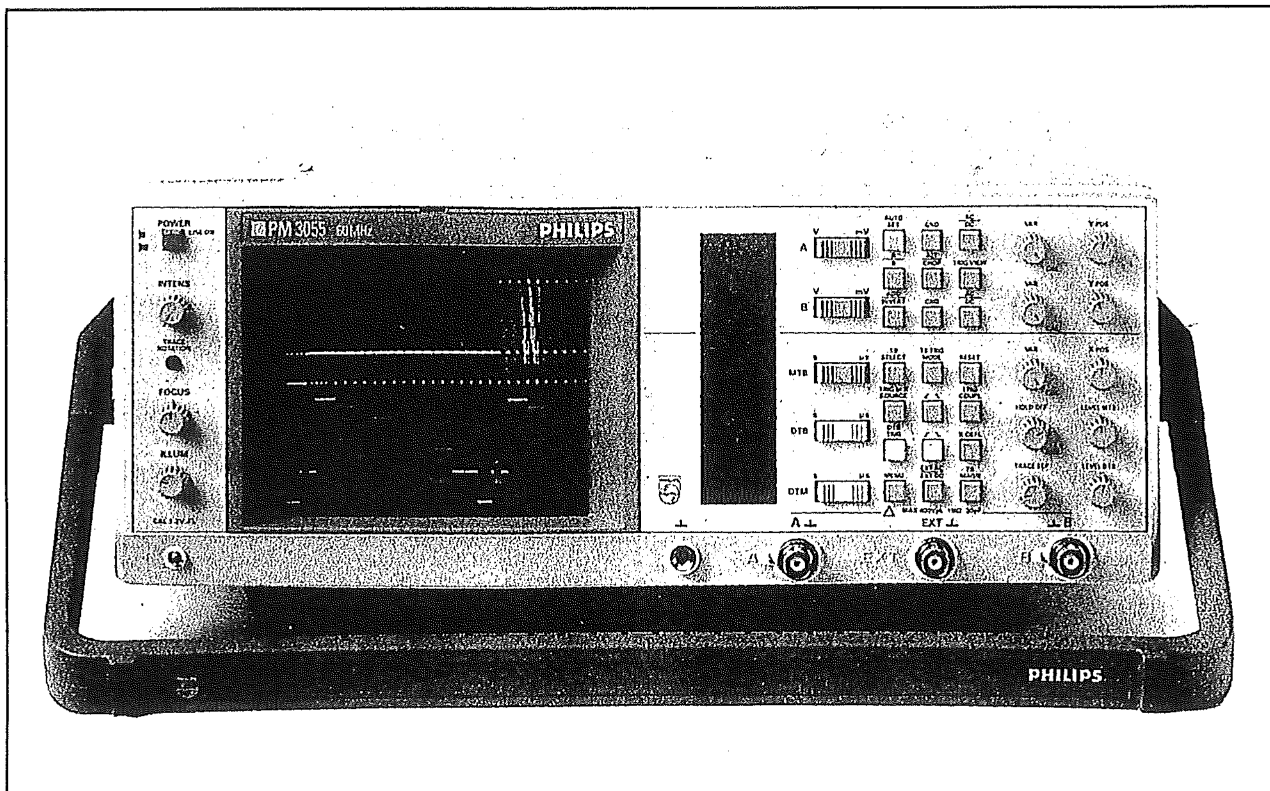
**Gebruik van ASIC's**
De fabrikant die kans ziet het aantal onderdelen ten opzichte van de gangbare technologie te reduceren, kan zijn apparatuur goedkoper op de markt brengen. De ontwerpers van de PM3050/3060-serie hebben dit principe in de praktijk gebracht door de ontwikkeling van een aantal applicatie-specifieke IC's (ASIC's). Daarvan zijn de belangrijkste typen respectievelijk een voorversterker, een IC dat de weergeeflogica en -besturing bevat, een schakeling voor top-top-detectie en niveauregeling en een tijdbasislogica IC. Omschakeling tussen de vertikale kanalen en schakelacties voor de diverse triggerselecties gebeurt door een paar speciaal voor dit doel ontworpen IC's.

**Belangrijke functies**
Een moderne analoge oscilloscoop beschikt over de onderstaande functies:
- **bediening:**
  - bediening met drukknoppen;
  - LCD-display;
  - auto-set faciliteit;
- **vertikale kanalen:**
  - meer dan twee vertikale kanalen;
  - uitgebreide bandbreedte;
- **tijdbasis:**
  - uitgebreide trigger faciliteiten;
  - dubbele tijdbasis;
- **de beeldbuis:**
  - on screen display;
  - cursor metingen;
  - beeldbuis met inwendige schaalverdeling en gaas elektrode;
- **algemeen:**
  - geschakelde voeding.

# De bediening

**Drukknopbediening**
Aan het uiterlijk van een scoop kan men onmiddellijk afleiden of het apparaat bestuurd wordt door een microprocessor. Is dat namelijk het geval, dan zullen de meeste functies bediend worden door drukknoppen en niet meer door draaischakelaars.
Een typisch voorbeeld van zo'n volledig met drukken op toetsen in te stellen scoop is de PM305x-reeks. In figuur 3/8.2.12-2 wordt deze reeks voorgesteld. Naast het beeldscherm staat een LCD-schermpje waarop alle instellingen worden weergegeven. Dat is natuurlijk noodzakelijk bij drukknopbediening, omdat men dan geen pijlknoppen meer heeft waarbij de punt van de pijl de stand van de instelling aangeeft.
Bij het duurste model uit deze reeks verschijnen de meeste instellingen ook nog eens op het scherm, maar daarover later meer.
Naast dat LCD-scherm zitten vier langwerpige drukknoppen. Met deze toetsen kan men de gevoeligheden van de twee hoofdkanalen instellen en de afbuigfactoren van de twee tijdbasissen.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.12-2:** De drukknop bediening is bij de PM305x-serie erg ver doorgevoerd.

Met de onderste knop kan men de vertraging van de vertraagde tijdbasis selecteren. Deze drukknoppen zijn dubbel te bedienen. Drukt men op de linker helft, dan gaat de grootheid een stap naar onder, drukt men op de rechter helft, dan gaat de instelling een stap naar boven. Let op de ergonomische vormgeving van het bedieningspaneel. De instellingen staan in het LCD-schermpje precies naast de drukknoppen!

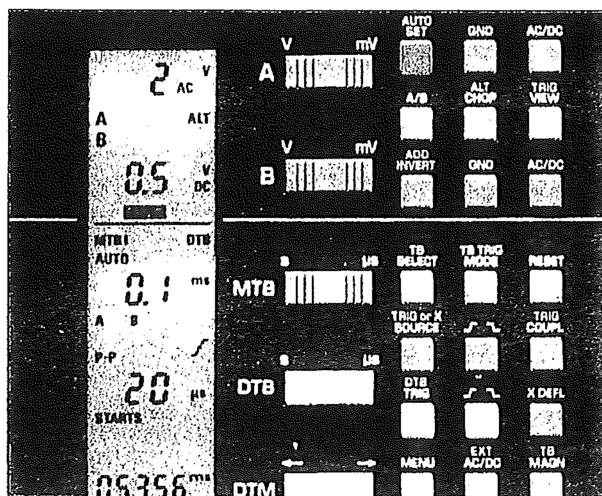
Naast deze vijf hoofddrukknoppen staat een bedieningspaneeltje met in totaal 21 enkelvoudige toetsjes, zie figuur 3/8.2.12-3. Met deze knoppen heeft men de volgende mogelijkheden binnen bereik:

- AC/DC koppeling van de twee kanalen;
- alternate of chopped werking van de afbuiging;
- optellen/aftrekken van beide kanalen;
- alleen A, alleen B of beide kanalen in beeld;
- de trigger modus;
- de tijdbasis modus;
- het X/Y-bedrijf;
- tienvoudige uitrekking van de tijd-as;
- een paar algemene functies.

**LCD-display**

Nadeel van drukknop bediening is dat men niet meer weet welke functies zijn ingesteld. Philips heeft daar een oplossing voor gevonden. Naast het eigenlijke beeldscherm staat een LCD-display, waarin alle instellingen van de scoop worden samengevat, zie ook figuur 3/8.2.12-3. Op dit schermpje verschijnen de gevoeligheidsinstellingen van de twee vertikale kanalen, de tijdinstellingen van de twee tijdbasissen en alle overige functies die men met de drukknoppen kan instellen.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.12-3:** De drukknopjes, waarmee men de specificaties van de twee vertikale kanalen kan instellen.

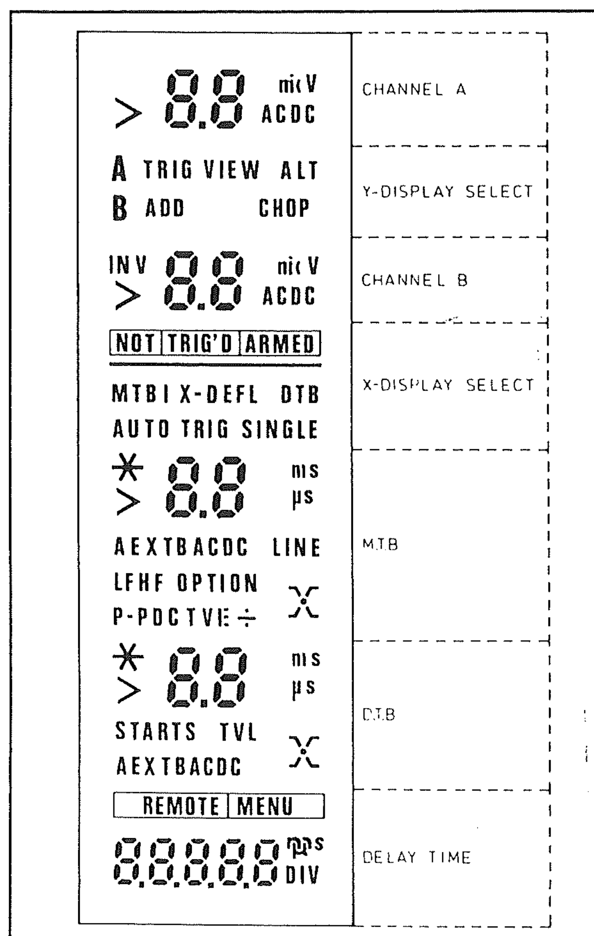
Het nadeel van dit display is dat er nogal wat gegevens op kunnen verschijnen, zie figuur 3/8.2.12-4, waardoor de overzichtelijkheid niet altijd optimaal is.

## LED's als alternatief

Bij Tektronix en Kenwood zijn alle aan/uit-drukknoppen voorzien van ingebouwde LED-jes. Deze gaan branden als de betreffende functie is ingeschakeld, een véél handiger en overzichtelijker systeem dan het LCD-display van Philips/Fluke.

## Opmerking

Overigens kan men zich afvragen of deze druktoetsbediening nu wel zoveel handiger is dan die met de oude, vertrouwde draaischakelaars. Moet men bijvoorbeeld omschakelen van een gevoeligheid van 2 mV schaaldeel naar 20 V/schaaldeel, dan moet men enige seconden lang op het toetsje drukken. Bij een oude scoop draaide men in één vloeiende handbeweging de goed in de hand liggende schakelaar in de goede stand.




**Figuur 3/8.2.12-4:** Een volledig overzicht van alle indicatoren, die in het LCD-schermpje van de Fluke PM305x-serie verschijnen.

## Draaischakelaars zonder vaste standen

Vandaar dat een aantal fabrikanten, waaronder Tektronix en Kenwood, een tussenoplossing heeft gevonden. Bij deze oscilloscopen zijn alle functies met drukknoppen uitgevoerd behalve de twee gevoeligheidsinstellers en de tijdbasis. Deze draaischakelaars hebben echter geen schaalverdeling, omdat de ingestelde waarden in het beeldscherm verschijnen.

## Auto-set faciliteit

Nu zullen de ontwerpers van Philips/Fluke opmerken dat het bij hun scheppingen

niet noodzakelijk is langdurig op drukknopjes te duwen als men de instellingen zeer fundamenteel moet veranderen. De genoemde reeks scoop's van deze fabrikant beschikt namelijk over een "Autoset" druktoets. Drukt men op deze toets, dan zal de microprocessor volledig automatisch en in een paar seconde de meest gunstige instellingen van tijdbasis, trigger en gevoeligheid zélf opzoeken. Er verschijnen gemiddeld genomen ongeveer twee perioden van het signaal met een hoogte van 2,5 schaaldeel op het scherm. Nadien hoeft men alleen nog wat minder belangrijke instellingen, zoals AC/DC-koppeling met de hand in te stellen.

# De vertikale kanalen

### Ingangskanalen

De tijd dat men genoegen moest nemen met een twee kanaals apparaat is definitief voorbij! Drie of zelfs vier ingangskanalen geven de toon aan. Maar let wel, er bestaan nogal wat verschillen in de mogelijkheden van dat ene of deze twee extra kanalen!

Er zijn maar weinig echte vierkanaals apparaten in de handel. Een voorbeeld is de SS7600-reeks van Iwatsu. Deze scoop's, in prijs oplopend van ongeveer *f* 2.800,00 tot *f* 5.500,00, hebben vier identieke ingangskanalen met een maximale gevoeligheid van 1 mV/schaaldeel. Ieder kanaal is individueel volledig instelbaar met eigen verzwakker en AC/DC knop.

De meeste overige fabrikanten brengen apparaten op de markt, waarbij twee ingangskanalen alle bekende instellingen hebben, zoals een breed gevoeligheidsbereik, geijkte en niet geijkte gevoeligheid, AC/DC-koppeling, positie-instelling over het gehele scherm en inverteerfuncties. De twee overige kanalen hebben deze mogelijkheden slechts in een zeer beperkte mate. De ingangen CH3 en CH4 hebben meestal slechts twee gevoeligheidsstanden, namelijk 0,1 V/schaaldeel en 0,5 V/schaaldeel. Daarnaast staat er per kanaal alleen een positieregelaar ter beschikking.

Deze minimale instellingen stellen uiteraard tamelijk grote beperkingen aan de bruikbaarheid van deze twee extra kanalen. Als men de vier kanalen ongeveer even groot op het scherm wil hebben zal men vaak met externe verzwakkers moeten werken.

### Trigger view

Een verdere stap terug doen die apparaten die over een zogenoemde "triggerview" beschikken. Dat zijn in feite niets meer dan tweekanaals apparaten, waarbij men door een druk op een knop het triggersignaal als derde kanaal op het scherm kan zetten. Triggert men intern, dan heeft men daar dus niets aan, want dan geeft dat derde kanaal precies hetzelfde beeld als de ingang waarop getriggerd wordt. Dat systeem heeft alleen nut als men extern kan triggeren en er een duidelijke tijdrelatie tussen dat derde signaal en de twee overige bestaat. Toch kan deze optie soms nuttig zijn, bijvoorbeeld als men meet in digitale schakelingen en men de tijdrelatie tussen drie verschillende signalen wil bestuderen.

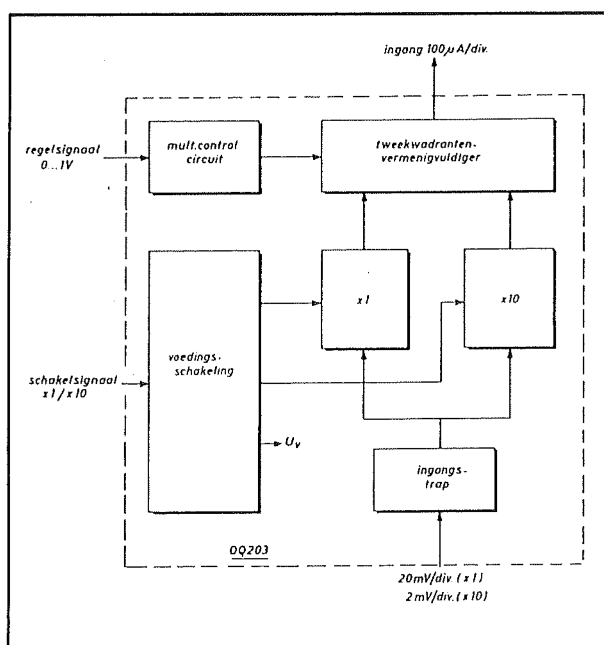
### De bandbreedte

De meeste apparaten hebben tegenwoordig een minimale bandbreedte van 50 MHz. De topmodellen gaan allemaal tot 100 MHz over het volledige gevoeligheidsbereik, een grens die alleen voor veel extra geld te overschrijden is.

De goedkopere modellen hebben een beperkte bandbreedte bij de hoogste gevoeligheidsstanden.

**De vertikale voorversterker**

De vertikale voorversterkers zijn de belangrijkste schakelingen in een analoge scoop. Zij moeten signalen van een paar mV versterken en dit met een bandbreedte tot 100 MHz. De ontwerpers van de Philips oscilloscopen hebben hiervoor dan ook een speciaal IC ontwikkeld, de OQ0203. Het direct na de gebufferde ingangsverzwakker opgenomen voorversterker-IC heeft een inwendige structuur die in figuur 3/8.2.12-5 geschetst is.




**Figuur 3/8.2.12-5:** Het blokschema van het voorversterker-IC OQ0203.

Het IC bestaat uit twee versterkersecties (x1 en x10) met een gemeenschappelijke ingangstrap, een tweequadrant vermenigvuldiger, een versterkingsregeling en een gecombineerde voedings- en schakelsectie. Daarvan voorziet de voedingssectie alle interne schakelingen van de juiste voedingsspanning. Op commando van een aan de ingang op TTL-niveau toegevoerd schakelsignaal activeert de schakelsectie de x1 of de x10 versterker. Er is dus steeds maar één van de twee versterkersecties actief. Afhankelijk van de actieve sectie, heeft de ingangstrap een gevoeligheid van 20 mV/schaaldeel (bij actieve x1 versterker) of 2 mV/schaaldeel (bij actieve x10 versterker). Door de scheiding van deze twee secties heeft de omschakeling van x1 naar x10 geen invloed op de weergave van snelle impulsvormige signalen terwijl de signaalvertraging vrijwel onafhankelijk is van de instelling.

Na versterking in een van de beide secties wordt het signaal toegevoerd aan een tweequadrant vermenigvuldiger. In deze schakeling wordt de variabele versterking gerealiseerd die nodig is voor de continu instelbare verzwakking van het te meten signaal. In combinatie met de versterkingsregeling werkt de vermenigvuldiger namelijk als elektronische potentiometer die de versterkingsfactor beïnvloedt. De versterkingsregeling vertaalt de loperspanning van de potentiometer op het bedieningspaneel in een stuursignaal voor de vermenigvuldiger en beperkt het variabele gebied van de versterking van 1/1 tot 1/2,5. Bij elke ingestelde versterkingsfactor wordt een stabiele versterking verkregen. Het speciale IC bevat slechts acht transistoren, met als groot voordeel dat de impulsweergave over het gehele regelgebied onafhankelijk is van de versterkingsfactor. Aan de uitgang van het voorversterker-IC verschijnt een symmetrische uitgangsstroom die overeenkomt met 100 µA/schaaldeel.

**De kanaalschakeling**

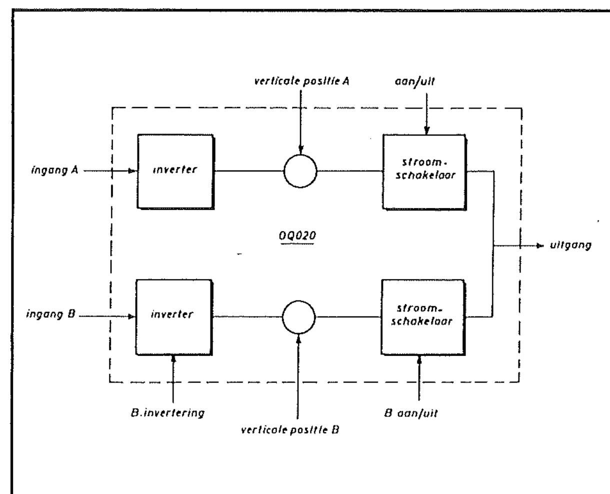
De Philips oscilloscopen hebben slechts twee "echte" vertikale kanalen. Via de

drukknopjes kan men nogal wat functies van die twee kanalen instellen. Ook hiervoor hebben de ontwerpers een speciaal IC ontwikkeld, de OQ0020. Hiervan worden er zes toegepast in de ingewanden van de apparaten.
Zoals blijkt uit het blokschema van figuur 3/8.2.12-6 bestaat deze kanaalschakelaar uit twee inverters, twee positioneerschakelingen en twee stroomschakelaars. Behalve voor polariteitsomkering van kanaal B in het de vertikale signaalweg worden een paar van deze schakelingen gebruikt als hellingsschakelaars in het trigger-systeem. Beide positioneerschakelingen dienen voor verticale positionering of voor niveau-aanpassing van de signalen bij vertraagde tijdbasis. Door activering van de stroomschakelaars is het mogelijk de kanalen naar believen in en uit te schakelen.

# De tijdbasis

### Uitgebreide trigger-faciliteiten

Moderne analoge oscilloscopen danken hun brede inzetbaarheid voornamelijk aan hun uitgebreide triggerfaciliteiten.
Op de eerste plaats schakelen alle modellen ook de trigger-bron heen en weer tussen kanaal A en kanaal B als men de twee signalen in de alternate mode afbeeldt. Bij deze mode wordt eerst een trace geschreven van het ene kanaal en nadien een van het andere.
De elektronische schakelaar die dat omschakelen voor zijn rekening neemt, schakelt ook de triggerbron om. Het grote voordeel is dat de signalen op beide ingangen niet gesynchroniseerd hoeven te zijn. Zo kan men op het ene kanaal een signaal met een frequentie van 1 kHz aansluiten en op het andere kanaal een signaal met een frequentie van 0,123 kHz en zullen toch beide signalen stilstaand op het beeld verschijnen. Het zal duidelijk zijn dat dit grapje niet opgaat in de chopped mode. Dat schakelt de elektronische schakelaar heel snel om van kanaal A naar kanaal B, zodat beide traces eigenlijk in stukjes gehakt op het scherm verschijnen. Deze mode is handig als men laagfrequente signalen wil observeren. In de alternate mode ziet men dan immers steeds slechts één trace, of die van kanaal A of die van kanaal B.

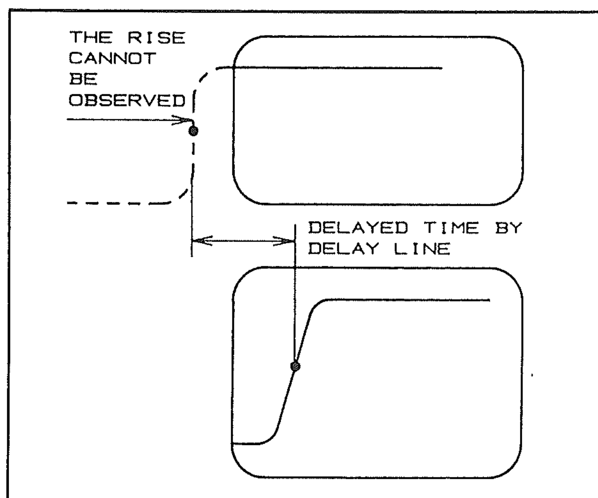



**Figuur 3/8.2.12-6:** Het intern blokschema van de OQ0020, een speciaal ontwikkeld IC waarvan er zes gebruikt worden in de Philips oscilloscopen.

### Vertragingslijn

Op de tweede plaats beschikken alle modellen over een ingebouwde vertragingslijn. Deze verticale delay-lijn bestaat uit een stuk coaxiale kabel dat opgerold wordt en ergens in de kast van de scoop verborgen zit. Dankzij deze vertragingslijn kan men de voorflanken van zeer snelle signalen op het scherm zetten. De trigger start de tijdbasis op het moment dat bijvoorbeeld de voorflank van een signaal op

de ingang verschijnt. Nu heeft zelfs de snelste analoge schakeling een bepaalde looptijd, waardoor het signaal vertraagd wordt. Het gevolg is dat de tijdbasis start op het moment dat de voorflank reeds voorbij is en dat de voorflank van de puls niet op het scherm verschijnt. Dit is weergegeven in de bovenste grafiek van figuur 3/8.2.12-7.




**Figuur 3/8.2.12-7:** Het grote voordeel van een ingebouwde vertragingslijn volgt uit deze twee grafieken.

Door nu in het vertikale kanaal de vertragingslijn op te nemen zal de vertraging van de triggerschakeling gecompenseerd worden. Het gevolg is dat nu de voorflank van het snelle signaal wél op het scherm verschijnt, zie de onderste grafiek van figuur 3/8.2.12-7.

### Trigger hold-off

Op de derde plaats beschikken alle moderne analoge oscilloscopen over een trigger hold-off. Deze zeer nuttige faciliteit wordt toegelicht aan de hand van de grafieken van figuur 3/8.2.12-8. Stel dat men aan een van de ingangen een onregelmatig, maar wel repeterend pulsenpatroon aanlegt. Dergelijke signalen ontstaan vaak in digitale schakelingen. Stel verder dat men triggert op de voorflank van de pulsen. Het gevolg is dat er een onstabiel beeld ontstaat, omdat bij de eerste sweep getriggerd wordt op de voorflank van puls A en bij de volgende sweep op de voorflank van puls E.

Twee verschillende beelden worden over elkaar op het scherm geschreven, zie de bovenste grafiek van figuur 3/8.2.12-8.

Met de trigger hold-off functie kan men een vertragingstijd instellen tussen twee opeenvolgende sweeps. Gedurende deze vertragingstijd kan de tijdbasis niet starten. Door deze potentiometer te verdraaien kan men er voor zorgen dat de sweep steeds start bij de voorflank van de A-pulsen uit het signaal, zie onderste grafiek van figuur 3/8.2.12-8. Uiteraard ontstaat dan een stabiel beeld, zij het dat de intensiteit van het beeld wel daalt, omdat de aan/uit-verhouding van het schrijven op het scherm groter wordt.

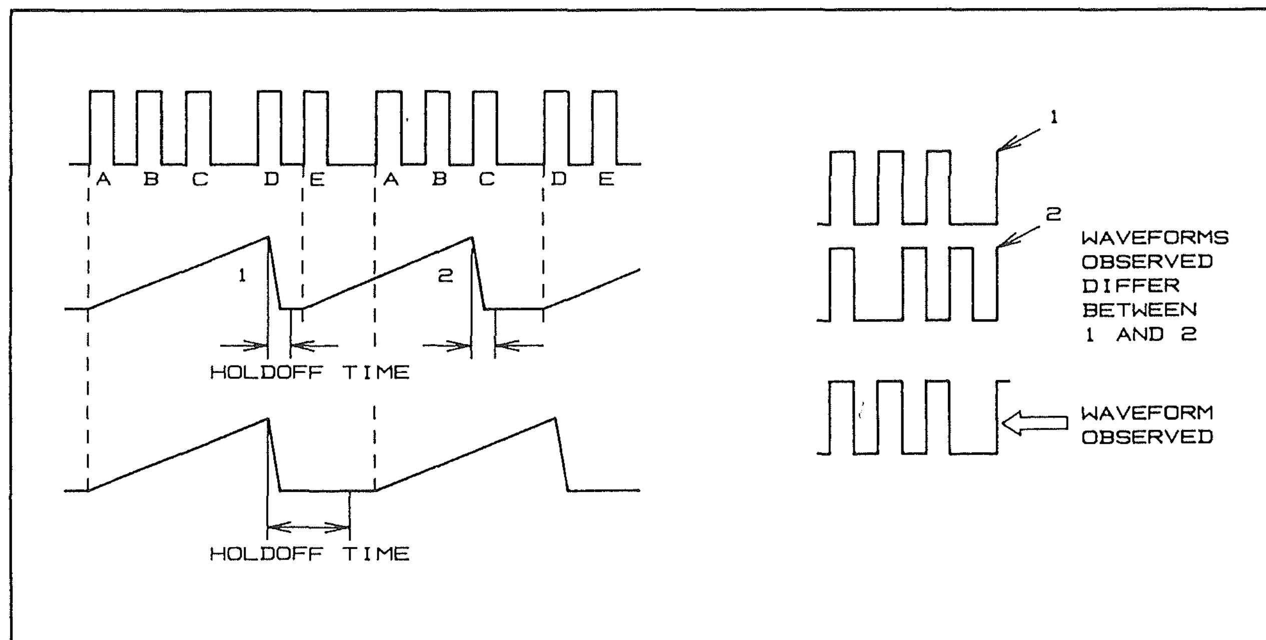
### De trigger elektronica

Ook bij het ontwerp van de trigger elektronica wordt tegenwoordig vaak een beroep gedaan op specifiek voor deze toepassing ontwikkelde IC's. Als voorbeeld wordt de triggerschakeling van de Philips-typen nader bestudeerd.

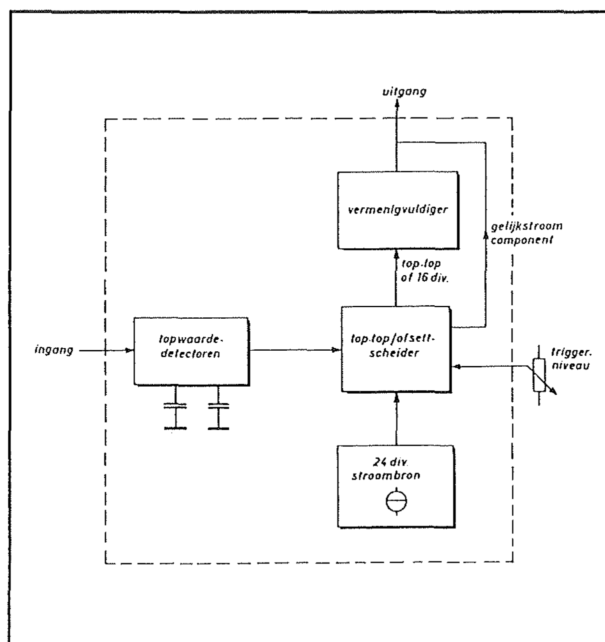
Figuur 3/8.2.12-9 geeft een vereenvoudigde indruk van de interne schakelingen in de OQ0128, het IC dat verantwoordelijk is voor de bewaking van het ingestelde triggerniveau voor de hoofdtijdbasis.

De meest belangrijke eis die aan iedere trigger-schakeling wordt gesteld is dat de schakeling in staat is uit het (versterkte) ingangssignaal een uiterst stabiele triggerpuls af te leiden. De minste of geringste instabliteit in de tijdrelatie tussen ingangssignaal en trigger-puls heeft een jitterend beeld op het scherm tot gevolg.

**8.2 Meetapparatuur**




**Figuur 3/8.2.12-8:** De faciliteit "trigger hold-off" grafisch toegelicht.




**Figuur 3/8.2.12-9:** Intern blokschema van het trigger-IC OQ0128.

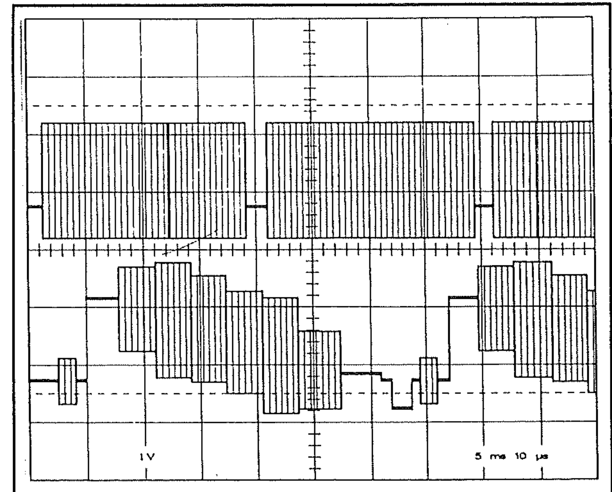
Het door Philips ontwikkeld IC kan zo'n stabiel triggerniveau afleiden door detectie van de top-top-waarde van het signaal en uit een gelijkstroom niveauregeling. In de gelijkstroom-modus komt het instelbereik overeen met een signaalamplitude van 16 beeldscherm hokjes. Het IC bevat hiervoor een separatorschakeling en een constante stroombron die een stroom opwekt die overeenkomt met een amplitude van 24 beeldscherm hokjes. In de separator-schakeling wordt uit deze stroom een "16 hokjes" portie afgescheiden, waarvan een door de trigger-potentiometer bepaald gedeelte naar de vermenigvuldiger gaat. Het resterende deel van de stroom wordt als "common-mode"-signaal aan de uitgangspennen aangeboden en opgeteld bij de uitgangsstroom van de vermenigvuldiger. De totale uitgangsstroom van de OQ0128 wordt toegevoerd aan de triggerversterker.

Bij triggering in de "piek-piek"-modus detecteert de topwaarde-detector eerst de positieve en negatieve topwaarden van het signaal. Vervolgens wordt in de separator een stroom die overeenkomt met de top-tot-top waarde van het signaal afgesplitst van de constante "24 hokjes" stroom. Van deze stroom gaat een door de trigger-

potentiometer ingesteld deel naar de vermenigvuldiger. Het resterende gedeelte wordt gemoduleerd met de gemiddelde waarde van de twee topwaarden en rechtstreeks doorgegeven aan de uitgangspennen. Deze methode voorkomt dat een eenmaal ingesteld triggerniveau verschuift onder invloed van veranderingen van de golfvorm of de puls/pauze-verhouding van het gemeten signaal. Het gevolg is dat de positie van de trigger impuls ten opzichte van de amplitude van het ingangssignaal alleen afhankelijk is van de instelling van de potentiometer. Dit garandeert een uiterst stabiele triggering.

**TV-triggering**
Een interessante functie, waar men zeker op moet letten bij de aanschaf van een nieuwe oscilloscoop, is de TV-triggering. De oscilloscoop beschikt dan over een TV synchronisatiescheider, meestal een reeds bestaand IC dat in iedere TV wordt aangetroffen, die is opgenomen tussen de uitgang van de triggerschakeling en de ingang van de tijdbasislogica bevindt. Deze schakeling realiseert op commando van de triggerselectietoets een eenduidige beeld- of lijn-triggering. Biedt men een TV-signaal aan, dan kiest het instrument na activeren van de autoset-toets automatisch voor beeld-triggering.

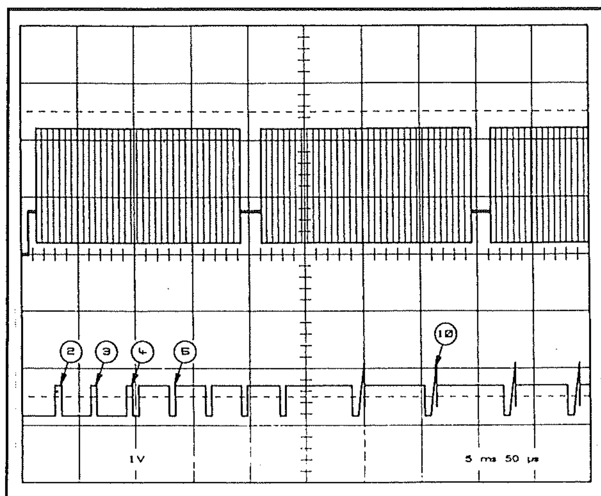
**Dubbele triggering**
Alle moderne apparaten hebben een dubbele tijdbasis. Men kan de triggerbron voor beide tijdbasissen individueel instellen. Op deze manier is het bijvoorbeeld mogelijk de hoofdtijdbasis te triggeren op de beeld syncpulsen van een video-signaal en de vertraagde tijdbasis op de lijn syncpulsen. Zowel de beeld- als de lijnsignalen verschijnen dan rotsvast op het scherm, zie figuur 3/8.2.12-10.



**Figuur 3/8.2.12-10:** Met moderne oscilloscopen kan men gelijktijdig het beelden het lijnsignaal van een video-bron op het scherm zetten.

**Trigger count**
Bij het observeren van video-beelden is het soms noodzakelijk alleen bepaalde lijnen uit een beeld op het scherm te zetten. Denk maar aan de lijnen gedurende de beeldterugslag, waar tegenwoordig allerlei informatie in verpakt zit of die gebruikt worden in ingenieuze anti-copieer beveiligingen. Vroeger moest men daarvoor een extra apparaat aanschaffen, een zogenoemde lijnselector. Tegenwoordig is deze functie in oscilloscopen ingebouwd. De CS-6OJO van Kenwood heeft bijvoorbeeld zo'n "trigger-count". Deze functie is alleen beschikbaar als men met de vertraagde tijdbasis werkt. Drukt men de "trigger count" knop in, dan kan men met de vertragingspotentiometer van deze tijdbasis een getal tussen 1 en 1.000 instellen. Dit getal verschijnt op het beeldscherm. De vertraagde tijdbasis zal nu alleen starten nadat het ingestelde aantal syncpulsen is geteld. Geteld wordt vanaf het moment dat de hoofdtijdbasis is gestart. Op deze manier is het mogelijk iede-

re gewenste lijn uit een totaal videosignaal te selecteren. In figuur 3/8.2.12-11 is de "trigger count" bijvoorbeeld op 1 ingesteld. Het gevolg is dat de onderste trace van het beeld steeds zal starten bij de eerste lijn-syncpuls in het video-signaal.

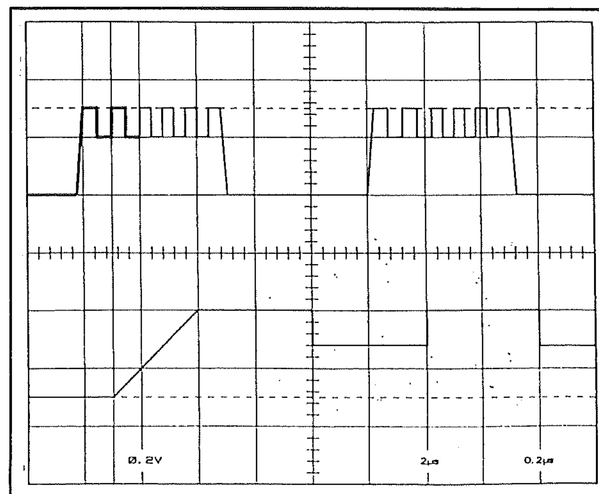


**Figuur 3/8.2.12-11:** De functie "trigger count" grafisch toegelicht.

### De tijdbasissen

Alle moderne oscilloscopen beschikken over twee tijdbasissen. De hoofdtijdbasis wordt meestal MTB genoemd, afkorting van "Main Time Base". De tweede heet DTB, afkorting van "Delayed Time Base". De bedoeling is dat de DTB op een snellere afbuigtijd wordt ingesteld dan de MTB en dat er een instelbare vertraging wordt geïntroduceerd tussen het triggermoment van de MTB en dit van de DTB. Bovendien worden de twee traces die ontstaan door af te buigen met MTB respectievelijk DTB onder elkaar op het scherm geschreven. Het gevolg is dat het onderste beeld als het ware een uitvergroting in de tijd is van een stukje van het bovenste beeld.

Een en ander is geschetst in figuur 3/8.2.12-12. De bovenste trace wordt geschreven met de afbuigsnelheid van de MTB, het onderste met deze van de DTB. Het gedeelte van de bovenste trace dat wordt uitvergroot wordt met een grotere intensiteit geschreven. Door de vertraging in te stellen kan men steeds een ander deel van het bovenste beeld uitvergroot op het onderste beeld schrijven.



**Figuur 3/8.2.12-12:** Het fel oplichtende deel van de MTB-trace wordt met de afbuigsnelheid van de DTB onder in het beeld geschreven.

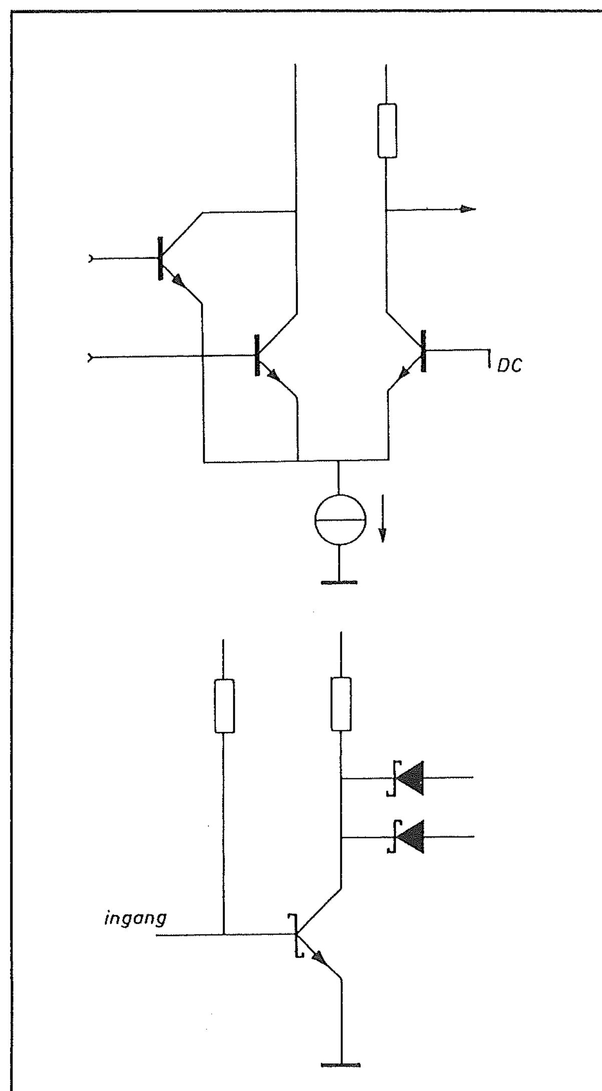
Bij de meeste apparaten kan men deze vertraging instellen door middel van een tientoeren potentiometer, al dan niet voorzien van een cijferschaal. Bij de Philips modellen kan men dat ook alweer met een drukknopje dat DTM genoemd wordt. De ingestelde vertragingstijd verschijnt onder de vorm van een viercijferig getal in het LCD-venster.

### De tijdbasis besturing

In de Philips-modellen heeft men ook voor de besturing van de twee tijdbasissen specifieke IC's ontworpen. Alle logica voor hoofdtijdbasis en vertraagde tijdbasis is ondergebracht in de OQ0201. Deze start en stopt de beide tijdbasissen en werkt bij wisselende tijdbasis samen met

de OQ0200 voor de selectie van de verticale weergave. Het IC bestaat uit twee secties die zijn gerealiseerd in verschillende technologieën. De ene sectie bevat de snelle logica in Current Mode Logic (CML), de tweede sectie bevat de tragere functies in Integrated Schottky Logic (ISL). In figuur 3/8.2.12-13 zijn de basisschakelingen van beide technologieën voorgesteld.
Het snelle deel bevat analoge schakelingen die tweemaal zo snel zijn als de oscilloscoop, wat geen eenvoudige opgave was!

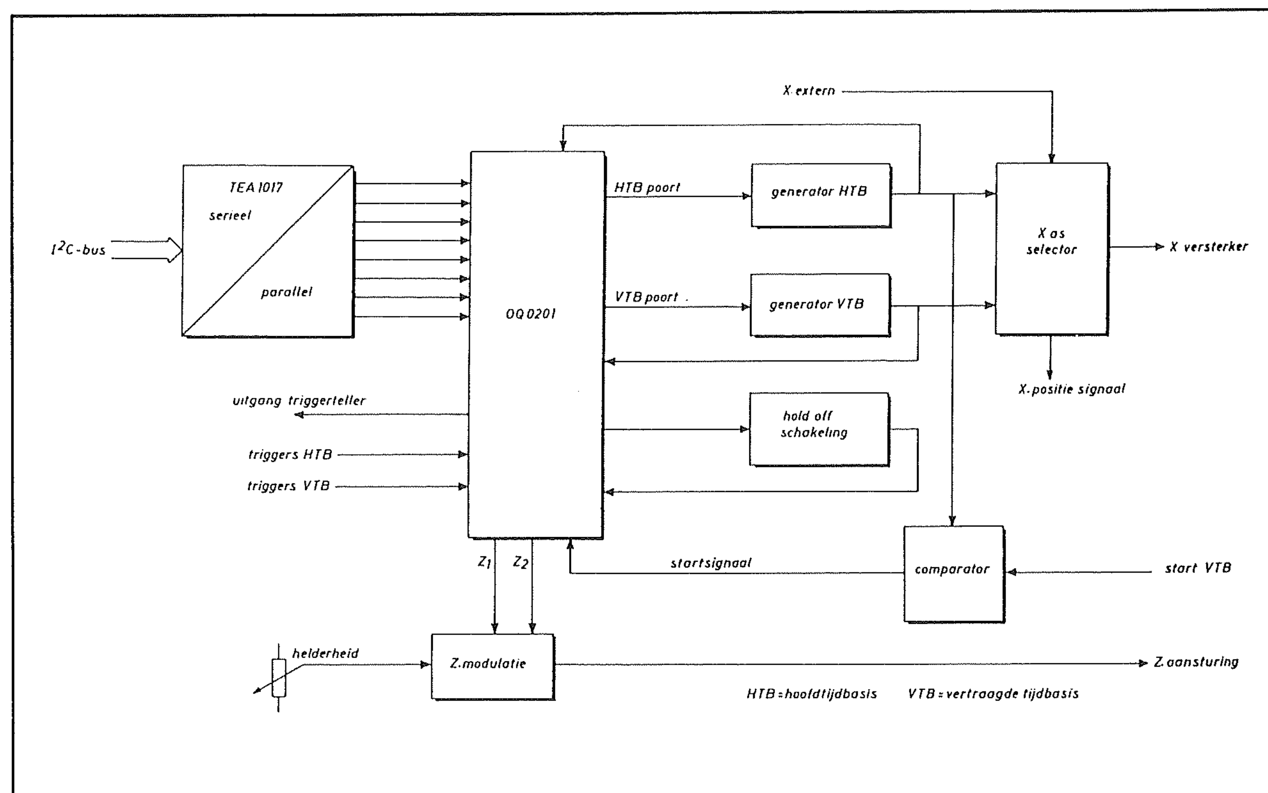
**Blokschema van een moderne tijdbasis**
In figuur 3/8.2.12-14 is het blokschema getekend van dit deel van de Philips oscilloscopen. Omdat het wenselijk werd geacht eventueel een digitale timingschakeling te kunnen toepassen, is de comparator voor de vertraagde tijdbasis buiten het IC gehouden. Alle door de frontpaneel instellingen bepaalde parameters komen vanuit de microprocessor binnen over de seriële $I^2C$-bus. Een standaard serie/parallel-omzetter van het type TEA1017 converteert de bussignalen naar parallelle besturingssignalen.
In figuur 3/8.2.12-15 is het intern blokschema van de reeds genoemde OQ0201 getekend. Een zestal schmitt-triggers vormen de ingangssignalen om tot geschikte besturingssignalen voor de flip-flop's en de functieselector van de vertraagde tijdbasis. Beide schmitt-trigger ingangen voor de functieselectie verwerken signalen op TTL-niveau. Om de afbuiging van de hoofdtijdbasis zeer snel te kunnen starten en afbreken, werken de schmitt-trigger en flip-flop's als "analoge" schakelingen. Beide zijn namelijk zo ontworpen dat de transistoren niet in de verzadiging worden gestuurd. Ook is de totale vertraging tussen de trigger-ingangen en de uitgang voor het starten van de afbuiging zo klein mogelijk gemaakt. Het gevolg is dat de reeds besproken vertragingslijn een geringe lengte krijgen.




**Figuur 3/8.2.12-13:** De OQ0201 bevat gecombineerde CML en ISL technologieën.

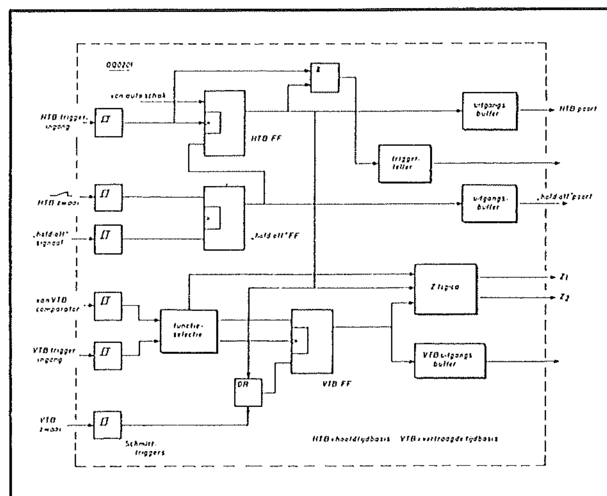
De logica van de tijdbasis bevat verder een schakeling die het aantal triggers aan de trigger-ingang telt gedurende de heenslag van de hoofdtijdbasis. Deze telschakeling is noodzakelijk in verband met de automatische instelling ("auto-set").

## 8.2 Meetapparatuur




**Figuur 3/8.2.12-14:** De tijdbasis besturing bij de Philips oscilloscopen.

Bij deze functie wordt er naar gestreefd ten minste drie signaalperioden op het scherm weer te geven.



**Figuur 3/8.2.12-15:** Het intern blokschema van de OQ0201.

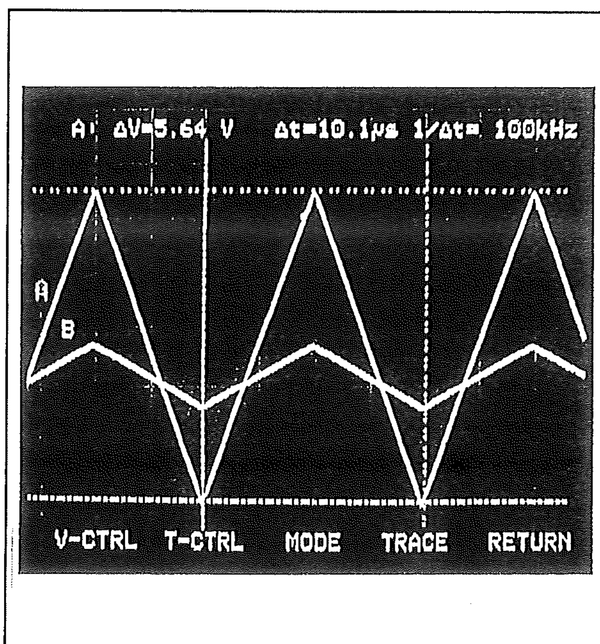
# De beeldbuis weergave

### On screen display

De meeste modellen hebben tegenwoordig "on screen display", waarbij cijfer- en tekstgegevens op het beeldscherm worden geschreven.

Bij de eenvoudigste uitvoeringen worden alleen de instellingen van de twee gevoeligheidsschakelaars en de twee tijdbasissen op de bovenste of onderste rand van het scherm vermeld. Dat is vooral handig als men schermbeeldfoto's wil maken voor publicatie bij meet- of testverslagen. De gegevens hoeven dan niet opgeschreven te worden, maar staan samen met het beeld op de foto. Dergelijke apparaten zijn tegenwoordig reeds voor ongeveer

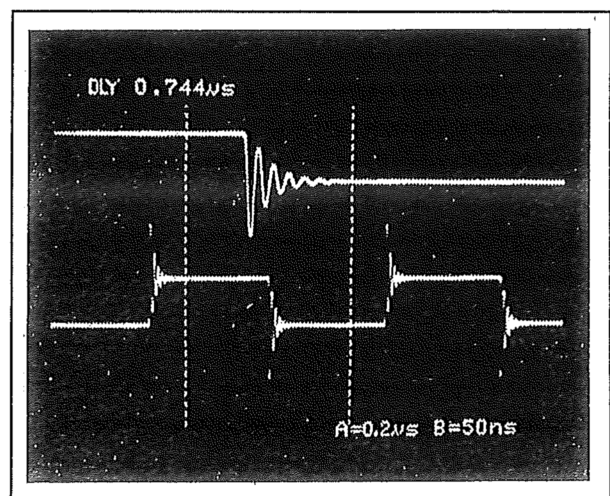
*f* 2.500,0 verkrijgbaar! Bij de duurdere uitvoeringen uit de gegeven prijsklasse is het beeldscherm omgevormd tot een microprocessor gestuurde interface tussen de gebruiker en het apparaat. Aan de rechter kant van het beeldscherm of aan de onderzijde bevinden zich een aantal drukknopjes. Met deze knopjes kan men menu's selecteren. De tekst van de menuopties verschijnt op het scherm.
Het Philips systeem met knopjes aan de onderste rand van de beeldbuis is veel handiger. De menu-teksten staan dan op de onderste en bovenste rand van het scherm, zie figuur 3/8.2.12-16, en worden niet door het beeld geschreven, zoals dat bijvoorbeeld bij diverse Tektronix modellen wel het geval is.




Figuur 3/8.2.12-16: De menu- en meetwaardeteksten worden op het beeldscherm geschreven.

## Cursor metingen

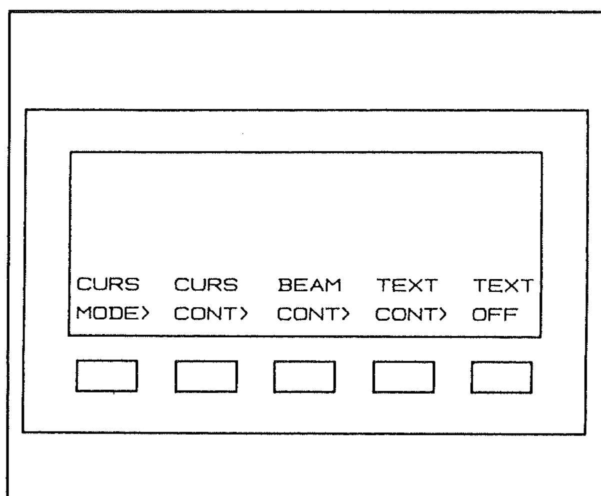
Wat is nu de bedoeling van deze menubesturing? Oscilloscopen zijn ideale instrumenten voor het bekijken van de vorm van signalen, maar niet erg geschikt voor het nauwkeurig meten van grootheden. Digitale universeelmeters kunnen dat wel, maar zijn zeer beperkt in de signaalvormen die goed gemeten worden. Wil men bijvoorbeeld de amplitude van een smalle naaldpuls meten, dan zal een digitale universeelmeter het laten afweten.
Met de meetmenu's van processorbestuurde analoge oscilloscopen kan men vrij nauwkeurig spanningen, tijden, frequenties en faseverschuivingen meten. In principe geeft het menu de mogelijkheid verschillende cursoren op het scherm te verplaatsen. Zo'n cursor is een vertikale of horizontale stippellijn, die men met behulp van twee van de menuknopjes op iedere gewenste plaats van het scherm kan instellen, zie figuur 3/8.2.12-17.




Figuur 3/8.2.12-17: Het instellen van de cursoren op het scherm.

Nadien kan men met het menu een te meten grootheid selecteren. Zo kan men door de twee horizontale cursoren op de piekwaarden van een signaal op het scherm te plaatsen de top-tot-top waarde van dit signaal door de scoop laten meten. De berekende waarde verschijnt dan onder digitale vorm op het scherm.

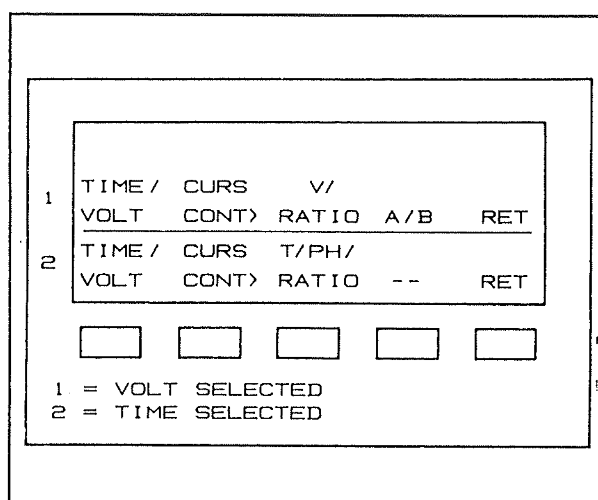
Op dezelfde manier kan men twee vertikale cursoren instellen en het apparaat het tijdverschil tussen deze beide instellingen laten berekenen.
Maar de processor is net zo goed in staat aan de hand van deze tijdmeting de frequentie van het signaal te bepalen of de faseverschuiving tussen de twee cursoren te berekenen.
Het zal duidelijk zijn dat dit soort metingen bijvoorbeeld zeer handig is voor het bepalen van stijg- en daaltijden van de flanken van pulsvormige signalen. De meeste apparaten bieden daarvoor een extra handige functie.




**Figuur 3/8.2.12-18:** Het hoofdmenu van de cursormetingen bij de PM3070 van Philips/Fluke.

## Cursormetingen in de praktijk

Aan de hand van model PM3070 van Philips/Fluke worden de mogelijkheden van dergelijke menugestuurde cursormetingen besproken. Opgemerkt dient te worden dat alle apparaten ongeveer identieke functies hebben.
Bij het inschakelen van het apparaat verschijnt de menu-selectie van figuur 3/8.2.12-18 in beeld. De vijf tekstjes staan onder op het beeld, boven de menutoetsjes. Ieder menu dat voorzien is van een ">"-teken geeft toegang tot een submenu. Zo geeft een druk op de toets "CURS MODE" toegang tot het submenu van figuur 3/8.2.12-19. Men kan hier kiezen tussen tijd- en spanningsmetingen, tussen absolute metingen (V, T of PH) of relatieve metingen (RATIO) en bij spanningsmetingen tussen kanaal A of B.

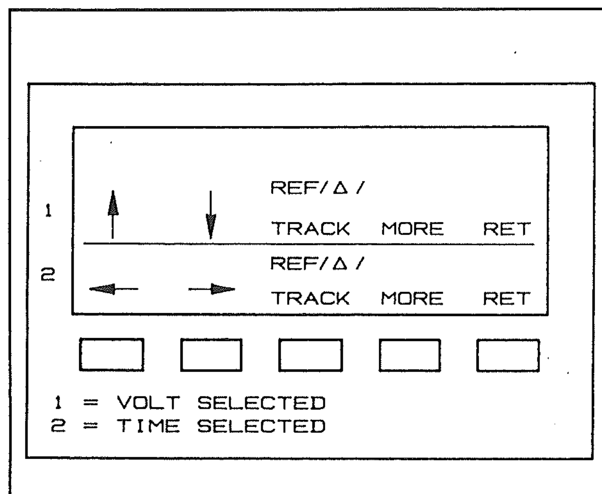



**Figuur 3/8.2.12-19:** Kiezen tussen spanning- of tijdmetingen.

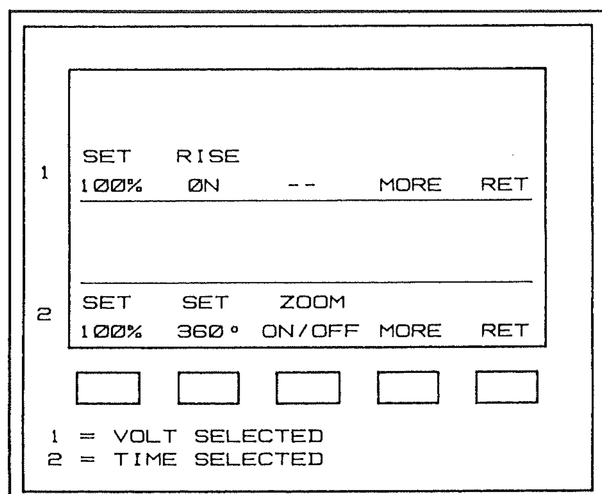
De menuselectie "CURS CONT" van dit submenu geeft toegang tot het volgende submenu van figuur 3/8.2.12-20. De pijltjestoetsen zijn uiteraard voorbestemd voor het bewegen van de horizontale of vertikale cursorlijnen. Met de selectie "REF/DELTA/TRACK" kan men kiezen welke van de lijnen (REF of DELTA) men over het scherm wil verplaatsen. Met "TRACK" kan men beide lijnen tegelijk verplaatsen.
Na een druk op de toets "MORE" verschijnt het laatste menu van figuur 3/8.2.12-21 in beeld. Hiermee kan men procentuele metingen verrichten, door de afstand tussen de twee cursorlijnen als 100 % te definiëren en nadien een van de lijnen naar het gewenste punt te verplaat-

**8.2 Meetapparatuur**

sen. Met "SET 360°" kan men faseverschuivingen meten, waarbij de afstand tussen de twee cursoren als 360° wordt gedefinieerd en men nadien iedere andere cursorafstand ten opzichte van deze 360° kan meten.

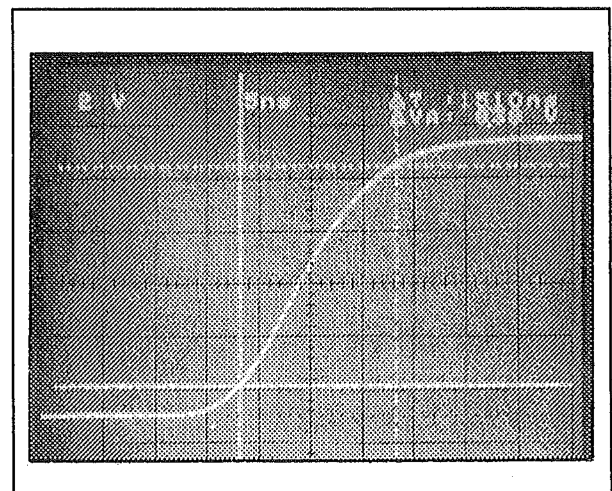



**Figuur 3/8.2.12-20:** Het menu waarmee men de cursoren over het scherm kan bewegen.




**Figuur 3/8.2.12-21:** Het instellen van procentuele metingen en stijgtijdmetingen.

Met de "RISE ON" toets kan men half automatisch stijgtijden meten. De bedoeling is dat men eerst in het vorige menu de twee horizontale cursoren instelt op de topwaarden van het signaal. Na druk op deze toets worden de cursoren automatisch ingesteld op 10 % en 90 % van de top-tot-top waarde. Bovendien verschijnen ook de twee vertikale cursoren in beeld.
Door deze nu precies in te stellen op de snijpunten van de horizontale cursoren met de trace van het signaal, kan men de stijgtijd rechtstreeks van het scherm aflezen. Deze procedure wordt aan de hand van de schermbeeldfoto in figuur 3/8.2.12-22 gedemonstreerd.



**Figuur 3/8.2.12-22:** Een voorbeeld van het meten van de stijgtijd van een puls met de PM3070 van Philips/Fluke.

## Z-modulatie

Een handige faciliteit van de meeste moderne analoge oscilloscopen is de zogenoemde "Z-modulatie". Modulatie van de Z-as biedt de mogelijkheid om de ingestelde helderheid van de kathodestraalbuis te moduleren. Hiervan bijvoorbeeld gebruik gemaakt om het met de vertraagde tijdbasis weergegeven signaalsegment in het met de hoofdtijdbasis geschreven spoor met grotere helderheid weer te ge-

ven. Daartoe genereert de tijdbasislogica de twee intensiteitssignalen Z1 en Z2. Deze signalen bestaan steeds uit positieve impulsen van gelijke amplitude die bij niet-geactiveerde vertraagde tijdbasis gedurende de volledige schrijfcyclus samenvallen. Optelling van de intensiteitssignalen in een externe schakeling levert een stuursignaal voor de Z-eindversterker die de kathodespanning van de beeldbuis en daarmee de helderheid bepaalt.
Bij gebruik van de vertraagde tijdbasis is Z2 echter alleen aanwezig tijdens het ingestelde triggerinterval. In het hoofdspoor resulteert optelling van Z1 en Z2 dan in een gereduceerde helderheid tijdens het niet-vertraagde deel van het signaal. Daarbij wordt het door de triggering voor vertraagde weergave gedefinieerde gedeelte met maximale helderheid weergegeven.

# Beeldbuis technologie

## Inleiding

De beeldbuis of officieel de kathodestraalbuis is een belangrijk onderdeel van iedere oscilloscoop. Ook dit onderdeel heeft een stormachtige evolutie doorgemaakt! Uiterlijke kenmerken daarvan zijn de rechthoekige in plaats van ronde vorm van het beeldscherm en de veelal inwendig aangebrachte schaalverdeling. Alle moderne oscilloscopen zijn voorzien van een rechthoekige beeldbuis.
Maar ook het afbuigsysteem wordt voortdurend gemoderniseerd. Met als resultaat grote verbeteringen op de gebieden afbuiggevoeligheid, afbuignauwkeurigheid, focussering, bundelcentrering, geometrie en lineariteit. Philips is op dit gebied zeer aktief geweest. In de PM3050/3060 reeksen wordt zeer moderne beeldbuizen toegepast.

## Naversnellingsspanning

De grootte van de naversnellingsspanning is van grote invloed op de manier waarop snelle verschijnselen, bijvoorbeeld zeer snelle schakelflanken, toch nog goed zichtbaar op het scherm worden geschreven. De beeldbuis heeft een naversnellingsspanning van 16 kV, samengesteld uit +14 kV anodespanning en -2 kV kathodespanning. Het zal duidelijk zijn dat dergelijke hoge spanningen nogal wat eisen stellen aan de opbouw van de voeding en de totale constructie van het apparaat!

## Een extra gaasvormige elektrode

Door het aanbrengen van een extra elektrode wordt een verdubbeling van het produkt van gevoeligheid en schrijfsnelheid gerealiseerd. Die extra elektrode bestaat uit een zeer fijnmazige koepelvormige elektrode die aan de voorzijde van het elektronenkanon is gemonteerd en op massa potentiaal wordt gehouden. Om de voordelen van zo'n elektronenlens te kunnen verwezenlijken, moeten de lenseigenschappen voor alle afgebogen bundel-posities zeer nauwkeurig zijn gedefinieerd.
Een tweede voordeel van deze extra elektrode is dat de buislengte beperkt kon blijven tot 338 mm.

## Interne magnetische correctie

Een extra verbeteringen van de elektronenoptiek werd bereikt door de toepassing van twee geïntegreerde magnetische correctie-ringen. Eén van deze correctieringen is aangebracht op het vijfde rooster, de elektrode die zorgt voor de onderlinge afscherming van de horizontale en vertikale afbuigplaten. Deze ring maakt een zeer nauwkeurige centrering van de

schrijfstip mogelijk. Het gevolg is dat men de afstand tussen de afbuigplaten kon reduceren, wat een verbetering van de afbuiggevoeligheid met een factor 1,25 opleverde.
De tweede correctiering zit op het vierde rooster, dicht bij de focusseerlens. Deze ring zorgt voor een betere focussering en corrigeert het astigmatisme.
Beide ringen worden in ongemagnetiseerde toestand in het elektronenkanon aangebracht. Na de produktie van de buis regelt men de ringen individueel af door de noodzakelijke magnetisering nauwkeurig te bepalen met behulp van een extern veld en de ringen vervolgens "van buiten af" te magnetiseren.

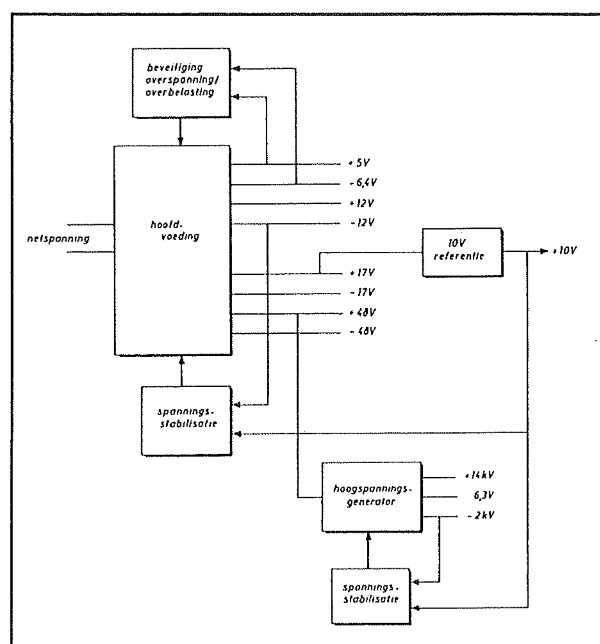
# De voeding

## Inleiding

De voeding van moderne analoge oscilloscopen is niet meer te vergelijken met deze van jaren geleden. De voeding van een oscilloscoop moet nogal wat eisen vervullen. Voor de vertikale voorversterkers moeten goed gestabiliseerde en brom- en ruisarme voedingsspanningen ter beschikking staan. Anderzijds moet dezelfde schakeling spanningen van meer dan 10.000 V genereren voor het instellen van de beeldbuis. Tegenwoordig wordt steeds gebruik gemaakt van geschakelde voedingen, met als groot voordeel een hoger rendement en het vervallen van een dure en grote 50 Hz voedingstrafo.

## Het blokschema van een moderne voeding

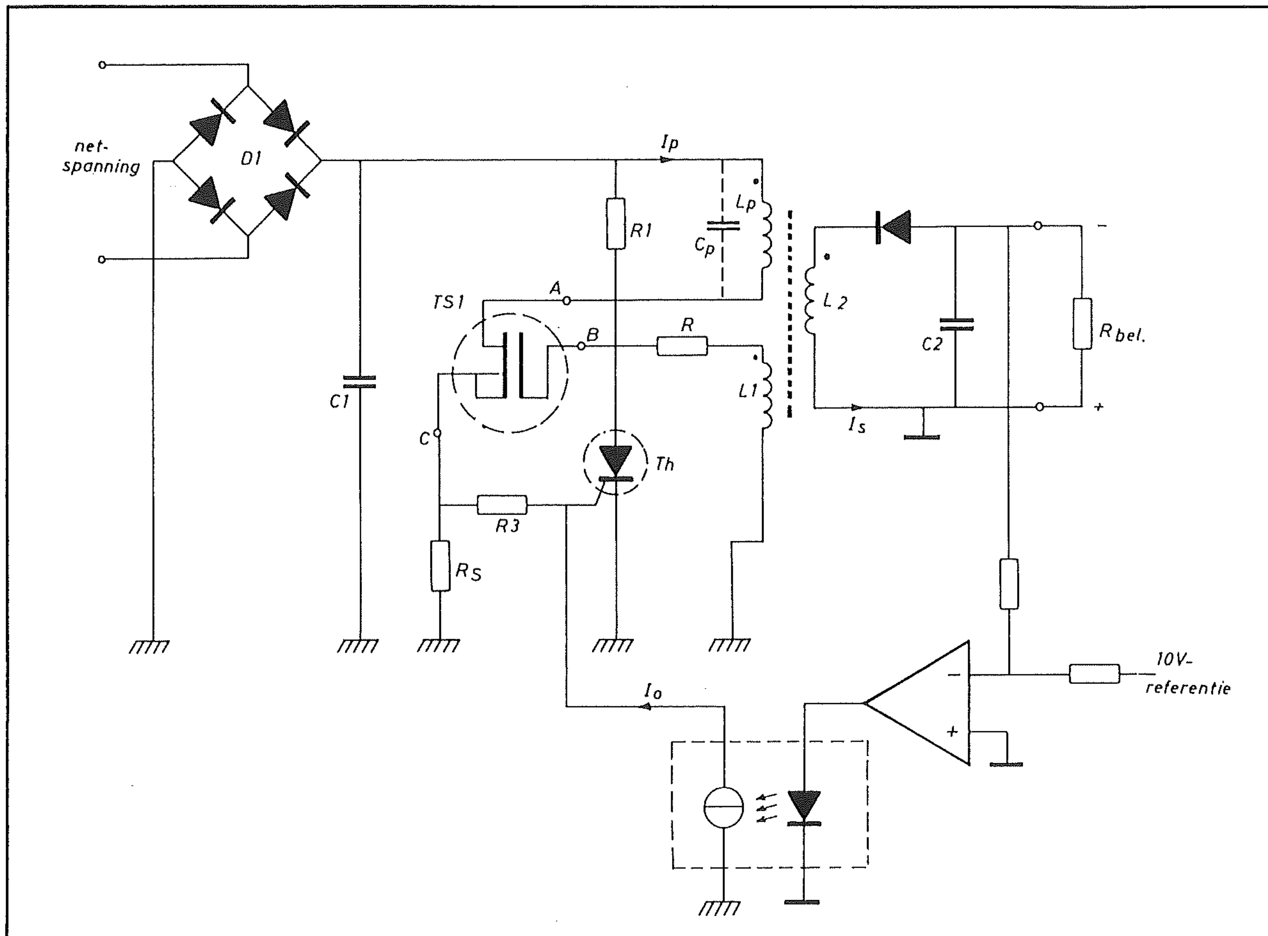
In figuur 3/8.2.12-23 is het blokschema van de voedingseenheid van de PM3050/3060-serie getekend. Deze is samengesteld uit een schakelende netspanningsomvormer die verantwoordelijk is voor de lage voedingsspanningen en een hoogspanningsgenerator voor de voeding van de beeldbuis. Voor spanningsstabilisatie van hoofdvoeding en hoogspanningsgenerator wordt gebruik gemaakt van een gemeenschappelijke spanningsreferentie van 10 V.




**Figuur 3/8.2.12-23:** Het blokschema van de voeding van de PM3050/3060-serie van Philips/Fluke.

Het laagspanningsgedeelde is uitgerust met een overspanningsbeveiliging op de 5 V en -6,4 V uitgangen en is beveiligd tegen overbelasting. De -48 V uitgang van de hoofdvoeding wordt gebruikt als voeding voor de hoogspanningsgenerator.
Deze generator is van het schakelende parallelle resonantie type en heeft een hoog rendement. Behalve de beeldbuisspanningen van -2.000 V en +14.000 V, levert de hoogspanningsvoeding tevens een 6,3 V wisselspanning voor de gloeidraad van de beeldbuis.

## 8.2 Meetapparatuur




**Figuur 3/8.2.12-24:** Het (vereenvoudigd) schema van de primaire voeding.

Een probleem bij schakelende voedingen is dat deze vaak nogal wat elektromagnetische storingen genereren. De relatief hoge schakelfrequenties en de zeer steile schakelflanken bevatten immers hogere harmonischen. Om deze storingsbronnen te minimaliseren zijn drie speciale maatregelen genomen:

- het ontwerp van de voedingsprint is gebaseerd op ervaringen uit de hoogfrequent-techniek;
- om stijgtijden en daaltijden van de lekstroom van de schakeltransistor te minimaliseren werd een nieuw soort ΔU/ΔI-begrenzer ontwikkeld, samengesteld uit een netwerk dat over de primaire van de voedingstransformator is aangebracht;
- voor de transformator werd een speciaal wikkelontwerp uitgewerkt, waarop octrooi is aangevraagd.

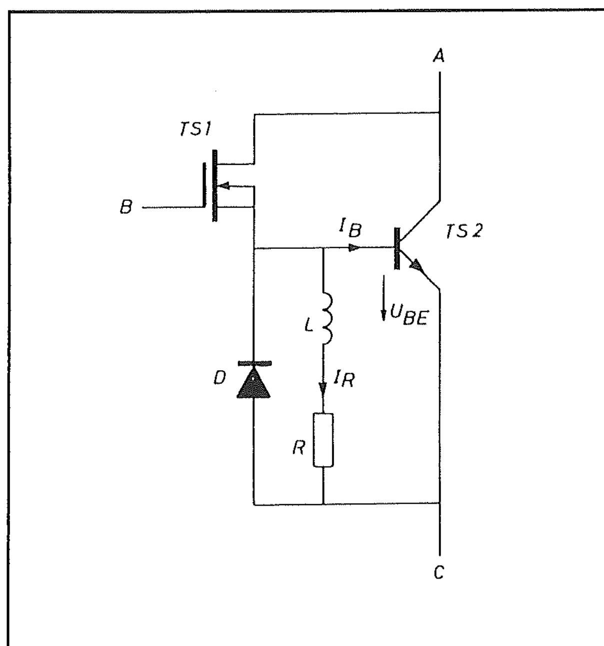
**De primaire voeding**

De primaire voeding is uitgevoerd als terugslag omzetter van het zelf-oscillerende type en kan zonder instelling wisselspanningen tussen 90 V en 260 V met frequenties van 50 Hz tot 400 Hz verwerken. Het vereenvoudigde principeschema is getekend in figuur 3/8.2.12-24. De transformator heeft een aantal secundaire wikkelingen, voor iedere uitgangsspanning

**8.2 Meetapparatuur**

één. In het schema is echter maar één secundaire wikkeling getekend.
Bij het inschakelen van het apparaat zullen de condensatoren C1 en C2 worden geladen. De thyristor Th is niet ontstoken, het gevolg is dat de schakeltransistor TS1 zal geleiden vanwege de positieve spanning op de gate via R1. Nu heeft Rs een zeer lage waarde, zodat praktisch de volledige gelijkspanning Uc1 over de primaire wikkeling Lp staat.
Het gevolg is dat in deze wikkeling een lineair toenemende stroom Ip gaan vloeien. Deze stroom induceert over de klemmen van de secundaire wikkeling L2 en de hulpwikkeling L1 een positief gerichte gelijkspanning. In de secundaire kring heeft dit tot gevolg dat diode D2 wordt gesperd. De in L1 geïnduceerde spanning veroorzaakt een kortstondige stroom die de gate-capaciteit van TS1 via R2 zeer snel laadt en de transistor vervolgens stevig in geleiding houdt.
Tot welke waarde de stroom Ip kan aangroeien is afhankelijk van het tijdstip waarop de thyristor ontsteekt. Dit moment hangt in eerste instantie af van de momentele waarde van de "zaagtand"-spanning die wordt opgebouwd over Rs, een gevolg van de lineair toenemende stroom. Deze spanning stuurt via de weerstand R3 de gate van de thyristor. Zodra de ontsteekspanning van dit onderdeel wordt bereikt, zal de thyristor gaan geleiden en de gate van TS1 aan massa leggen. Deze transistor gaat sperren. Op dat moment vloeit in de primaire wikkeling een maximale stroom. Direct na het blokkeren van de transistor zal deze maximale stroom de paracitaire wikkelingscapaciteit Cp opladen. Hierbij keert de stroomrichting om en zou bij onbelaste secundaire een hoge terugslagspanning over Lp ontstaan.
De in L2 geïnduceerde negatief gerichte terugslagspanning zal echter D2 in geleiding sturen. Het gevolg is dat de primaire kring sterk wordt gedempt, waarbij de in het magnetisch veld opgebouwde energie in de secundaire wikkeling een stroom Is induceert.
Omdat bij geleidende D2 over de secundaire wikkeling de gelijkspanning Uc2 staat, neemt deze stroom lineair af, totdat de alle in de transformator opgeslagen energie is overgedragen naar C2. Gedurende deze terugslagperiode induceert Is over de hulpwikkeling een negatieve gelijkspanning UL1. Het gevolg is dat de thyristor gaat sperren. Bovendien zorgt deze spanning een negatieve gatespanning voor TS1, zodat deze transistor gespert blijft.
Deze toestand blijft bestaan tot de stroomvariatie nul wordt. Op dat moment is één volledige cyclus voltooid en komt TS1 weer in geleiding via R1.
Als belangrijke eis geldt uiteraard dat de geleverde uitgangsspanning onafhankelijk moet zijn van variaties in netspanning en belasting. Daartoe is de voeding uitgerust met een stabilisatieschakeling die rechtstreeks de tijdens de heenslag in de transformator opgebouwde energie beïnvloedt.
Dit gebeurt door regeling van het ontsteek tijdstip van de thyristor door de regelbare stroom Io. Deze stroom genereert een extra spanning over R3 en R5, en bepaalt daarmee het ontsteekmoment van de thyristor.
Een deel van de secundair gegenereerde spanning wordt, samen met de +10 V referentie, aangeboden aan een operationele versterker.
Een afwijking in de uitgangsspanning resulteert in een fout-signaal aan de ingang van de op-amp. De uitgangsspanning be-

stuurt een LED in een optische koppelaar. De fototransistor levert het stuursignaal voor een bestuurbare stroombron die de regelstroom Io genereert.
Stel dat de uitgangsspanning daalt. Het gevolg is dat de gate-spanning van de thyristor zodanig zal variëren dat het langer duurt eer het ontstekingsmoment is bereikt. De primaire stroom bereikt een grotere waarde en dus wordt tijdens de terugslag meer energie in C2 opgeslagen. De uitgangsspanning stijgt waardoor de originele daling wordt tegengewerkt.




**Figuur 3/8.2.12-25:** Een hybride-schakeling vervangt de MOSFET in het schema van figuur 3/8.2.12-24.

**De Bi-MOS schakelaar**

In het schema van figuur 3/8.2.12-24 werd de schakeltransistor TS1 voorgesteld door een eenvoudige MOSFET.
Grote voordelen van een MOSFET als schakelaar zijn de hoge schakelsnelheid en het feit dat geen basisstroom noodzakelijk is. Nadeel van deze onderdelen is de relatief hoge kniespanning.
Om wél de voordelen maar niet de nadelen van een ordinaire MOSFET te verkrijgen, hebben de ontwerpers gekozen voor een hybride-schakeling, voorgesteld in figuur 3/8.2.12-25.
De aansluitingen A, B en C corresponderen met de punten A, B en C in figuur 3/8.2.12-24. De bipolaire transistor TS2 verzorgt het schakelen van de primaire stroom. Bij het aanleggen van een positieve spanning op de gate van TS1 zal deze de noodzakelijke basisstroom leveren plus een stroom door het LR-netwerk. De schakeling voorkomt dat TS2 verzadigd raakt. Zodra de MOSFET wordt uitgeschakeld, zal de zelfinductie een negatieve tegenspanning genereren, waardoor de basisstroom ompoolt. Het gevolg is dat TS2 zeer snel uitschakelt. Op deze manier is een zo goed als ideale schakelaar gerealiseerd.

# 3/8.3

# Van schema tot kant en klare print

## Inhoud

## 3/8.3.9 Bouwaanwijzingen voor de bak
*(verschenen in de 6e aanvulling)*

## 3/8.3.10 Bouwaanwijzing voor het spanraam
*(verschenen in de 6e aanvulling)*

## 3/8.3.11 Afwerking
*(verschenen in de 6e aanvulling)*

## 3/8.3.12 Gebruiksaanwijzing
*(verschenen in de 6e aanvulling)*

## 3/8.3.13 Verdere aanwijzingen en tips
*(verschenen in de 6e aanvulling)*

## 3/8.3.14 Benodigde materialen
*(verschenen in de 6e aanvulling)*

## 3/8.3.15 De belichting
*(verschenen in de 6e aanvulling)*

## 3/8.3.16 Etsen en het milieu
*(verschenen in de 6e aanvulling)*

## 3/8.3.17 Wat er mis kan gaan, waarom en wat doet u eraan
*(verschenen in de 6e aanvulling)*

## 3/8.3.18 Professioneel printen maken
*(verschenen in de 104e aanvulling)*

## 3/8.3.19 Printen maken volgens de “isolatiekanaal frees” techniek
*(verschenen in de 123e aanvulling)*

# 3/8.3 Van schema tot kant en klare print

## 3/8.3.1 Het overzetten van het schema in een gedrukte bedrading

Bij de vervaardiging van een printplaat is de voorbereiding het meeste werk, dat wil zeggen de te maken verbindingen volgens het schema over te zetten in een print layout. Om een optimale weg voor de printsporen tussen de componenten te vinden is bepaald geen eenvoudige opgave. Kruisingen die op het schema staan zijn namelijk op de print niet mogelijk. Het is zaak eerst een schets van de schakeling te maken. Als de schets gereed is en terdege gecontroleerd, dan kan worden begonnen met het overbrengen op de print. Voor een aantal onvermijdelijke kruisingen kunnen draadbruggen worden voorzien. U moet echter altijd trachten het aantal draadbruggen zoveel mogelijk te beperken.

Het maken van printsporen en componentenaansluitingen kan met in de handel verkrijgbare afwrijfsymbolen en sporen. Let op de juiste afmetingen van de componenten. Bij eenvoudige en kleine printjes kan eventueel met een etsbestendige viltstift de layout op de koperlaag worden getekend.

Als de schakeling omvangrijker en ingewikkelder wordt is bovenstaand niet meer of zeer moeilijk te realiseren. In dat geval maakt u een nauwkeurige tekening van de layout met zwarte inkt op een 1 op 1 schaal. Hierbij is een tekensjabloon een onmisbaar hulpmiddel. Met bijna alle fotocopieerapparaten is tegenwoordig een copie op doorzichtig plastic te maken. Op die manier kan men van de tekening een folie-afdruk maken. Plastic folie wordt bijv. gebruikt om tekeningen voor overhead projectoren te maken.

## 3/8.3.2 Het overbrengen van de layout op de print

De printsporen op de folie moeten op de koperlaag van de print worden overgebracht. Ook hier komt de fototechniek ons weer te hulp. Als men gewoon printmateriaal gebruikt, moet de koperlaag eerst terdege worden ontvet en ontdaan van de aanwezige oxidelaag. De gewone huishoud schuurmiddelen zijn hiervoor zeer geschikt (schuursponsje, staalwol e.d.). Hierna moet het reinigingsmiddel met veel water worden weggespoeld. Als het water als een egaal vlies over het koper loopt, is dit een teken, dat vet en oxide zijn verwijderd. Nu moet de print wor-

den gedroogd, waarbij een föhn of een straalkachel goede diensten kan bewijzen. Gebruik liever geen droogdoek; er zouden vezels op het koper achter kunnen blijven.

De print is nu gereed om met lichtgevoelige lak te worden behandeld. Deze lak, bijv. "POSITIV 20" is in spuitbussen verkrijgbaar en moet gelijkmatig en dun worden opgespoten. Dit kun u bij gewoon daglicht doen, zolang u tenminste direkt zonlicht vermijdt. De fotolak moet in donker drogen. Bij omgevingstemperatuur duurt dit ca. 24 uur. Het proces kan echter in een oven tot enkele tientallen minuten worden beperkt. Hiertoe legt u de print in een koude oven, die dan op ca 65°C wordt gezet. Let op! bij een gasoven is een instelling op deze temperatuur nauwelijks mogelijk. De minimum temperatuur van gasovens bedraagd al gauw 100°C. Droging bij 65°C neemt 30 tot 40 minuten in beslag. De print is dan goed droog en kan belicht worden.

Als men bovenstaand te veel werk vindt of te ingewikkeld, dan kan men kant en klare fotogevoelige printplaat kopen. Deze wordt in een donkere folie of een lichtdichte papieren envelop geleverd

### 3/8.3.3 Belichten van de print

De plastic folie met de layout wordt op de met fotolak geprepareerde print gelegd. Hierover legt men een schone glasplaat om een goed contact tussen de folie en de print over het gehele oppervlak te waarborgen. Nu kan men de print belichten.

Hiervoor heeft u een UV-lamp nodig met een vermogen van ca 300 Watt. Deze lamp wordt op een afstand van ca. 25 tot 35 cm boven de print opgesteld. De belichtingsduur is afhankelijk van de dikte van de lak en van de toegepaste soort en ligt tussen 1 en 6 minuten. De juiste belichtingstijd kan men het best empirisch vaststellen. Maak notities van uw resultaten, zodat u de tijden van de best gelukte proef voor de echte print en voor alle volgende die u nog gaat maken kunt gebruiken.

### 3/8.3.4 Ontwikkelen van de belichte print

Ook het ontwikkelen is weer een uit de fototechniek afkomstige procedure. De ontwikkelvloeistof (ontwikkelaar) is een loog, dat men zelf kan samenstellen, door 7 gram etsnatron in een liter water volledig op te lossen. Houd u zich nauwkeurig aan deze hoeveelheden, daar anders de mogelijkheid bestaat, dat de print overetst wordt. In dat geval worden de koperbanen aangetast. De print wordt op de zelfde manier ontwikkeld als een foto. Dompel de print onder in de ontwikkelaar, na zo'n 2 tot 5 minuten wordt het printpatroon duidelijk zichtbaar. Spoel nu de print in stromend water goed af. Voorkom dat uw huid in aanraking komt met de ontwikkelaar, gebeurt dit toch, spoel dan af met ruim water.

### 3/8.3.5 Het etsen van de print

Nu moet het overbodige koper van de print worden ge-etst. U hebt hiervoor een ijzer-tri-chloride-oplossing nodig. Deze is in poedervorm verkrijgbaar en moet volgens de erbij behorende ge-

bruiksaanwijzing worden verdund. De fotolak is zuurbestendig, zodat de door de lak bedekte kopersporen niet kunnen worden aangetast. Na beëindiging van het etsen blijven de kopersporen als geleider op de print achter, hetgeen de bedoeling was. Het etsen zelf duurt ongeveer 3 tot 8 minuten. Het etsmiddel moet een temperatuur van 25 tot 40°C hebben en tijdens het etsen voortdurend door roeren in beweging worden gehouden. Hierdoor bereikt men, dat het reeds afgeëtste koper wegspoelt en men kan zien wanneer het etsproces gereed is. Als het blanke koper volledig verdwenen is wordt de print goed gespoeld. Ook hier oppassen dat u geen etsmiddel op uw huid krijgt. Gebeurt dit ondanks uw voorzichtigheid toch, spoelt u het dan onder de stromende kraan goed af.

Nadat de print aldus is geëtst, is hij nog niet helemaal klaar. De printsporen zijn nog bedekt met fotolak. Dit kunt u verwijderen met wat fijn staalwol en de print is klaar.

### 3/8.3.6 Het boren van de print

Om de componenten aan te kunnen brengen moet men gaten boren in de aansluitvlakjes. Afhankelijk van de te monteren componenten moet men een boortje van 0,8; 1,0 of 1,5 mm gebruiken. Het is aan te raden een boorstandaard te gebruiken en een niet te grote boormachine. Boormachines met een klopboorstand zijn zeker te groot en hebben te veel speling op de boorkop om dit fijne werk te doen. Het best is eigenlijk een speciale miniatuur boormachine. Wees niet te zuinig en gebruik een nieuw boortje. U zou niet de eerste zijn, die al zijn voorgaande inspanningen vernield door een bot boortje.

### 3/8.3.7 Maak zelf een ontwikkel- en etsbak met toebehoren

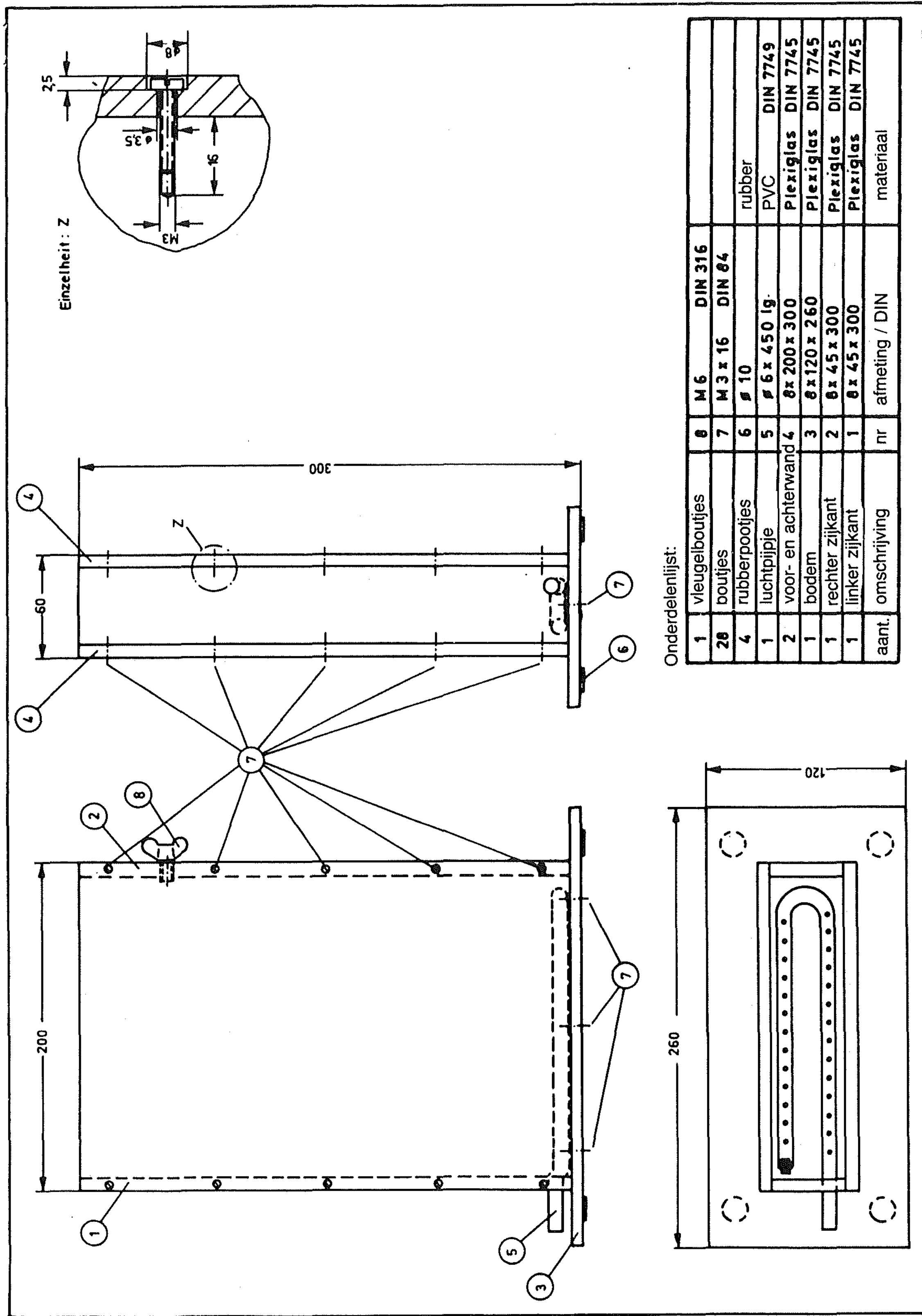
Om al het geknoei met logen en zuren te ondervangen werd het hierna beschreven toestel ontwikkeld. Dit toestel maakt het werken met ontwikkelaars en etsen de zuren aanmerkelijk eenvoudiger en minder gevaarlijk. De print wordt in een speciaal raam gespannen en samen met dit raam in de achtereenvolgende vloeistoffen ondergedompeld. De vloeistof wordt door een luchtstroom in beweging gehouden, waardoor men van een gelijkmatige ontwikkeling of etsing verzekerd is. Ook bij het afspoelen hoeft de print niet meer met de hand aangeraakt te worden. Zij wordt samen met het raam afgespoeld.

### 3/8.3.8 Bouwbeschrijving van een ontwikkel- en ets-bak

Toegegeven, u zult wat ambachtelijke arbeid moeten verrichten om dit geheel te bouwen. Echter ook de minder handigen moeten deze bak met een beetje goede wil kunnen maken. Het geheel bestaat eigenlijk uit drie delen. De eigenlijke bak, waarin de vloeistoffen worden gedaan en het proces zich afspeelt. Men houdt zicht op het proces doordat de bak van doorzichtig plexiglas wordt gemaakt. Verder het spanraam, waarin de print wordt vastgezet en die ervoor zorgt, dat u niet meer in aanraking komt met de logen en zuren. En tenslotte een aquariumpomp (luchtpomp), die voor de vloeistofbeweging moet zorgen.

## 8.3 Van schema tot kant en klare print






Onderdelenlijst:

| aant. | omschrijving | nr | afmeting / DIN | materiaal |
|---|---|---|---|---|
| 1 | vleugelboutjes | 8 | M 6 DIN 316 | |
| 28 | boutjes | 7 | M 3 x 16 DIN 84 | |
| 4 | rubberpootjes | 6 | ø 10 | rubber |
| 1 | luchtpijpje | 5 | ø 6 x 450 lg. | PVC DIN 7749 |
| 2 | voor- en achterwand | 4 | 8x 200 x 300 | Plexiglas DIN 7745 |
| 1 | bodem | 3 | 8 x 120 x 260 | Plexiglas DIN 7745 |
| 1 | rechter zijkant | 2 | 8 x 45 x 300 | Plexiglas DIN 7745 |
| 1 | linker zijkant | 1 | 8 x 45 x 300 | Plexiglas DIN 7745 |

**Fig.3/8.3.8-1:** De etsbak

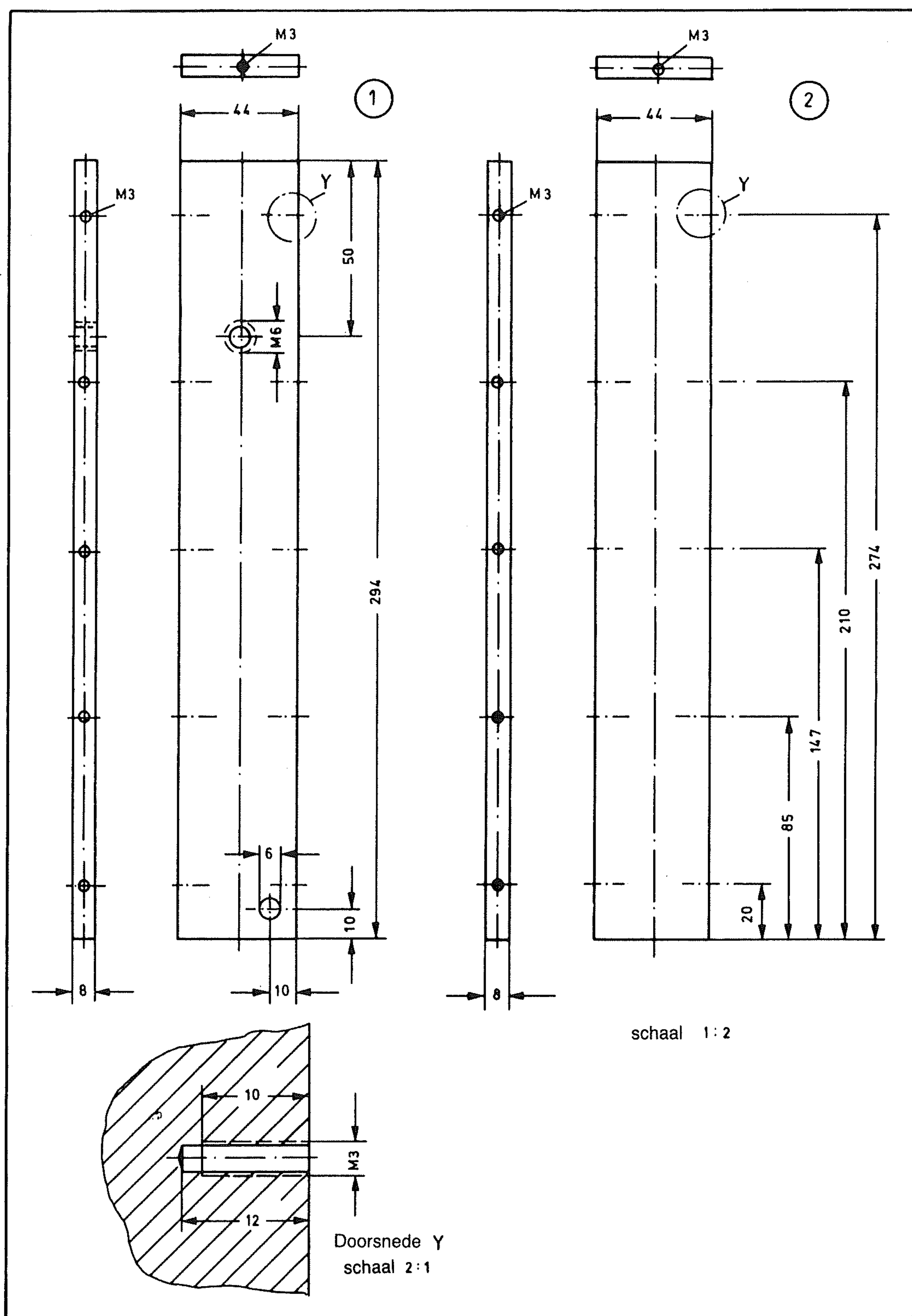



**Fig. 3/8.3.8-3:** Zijkanten van de bak

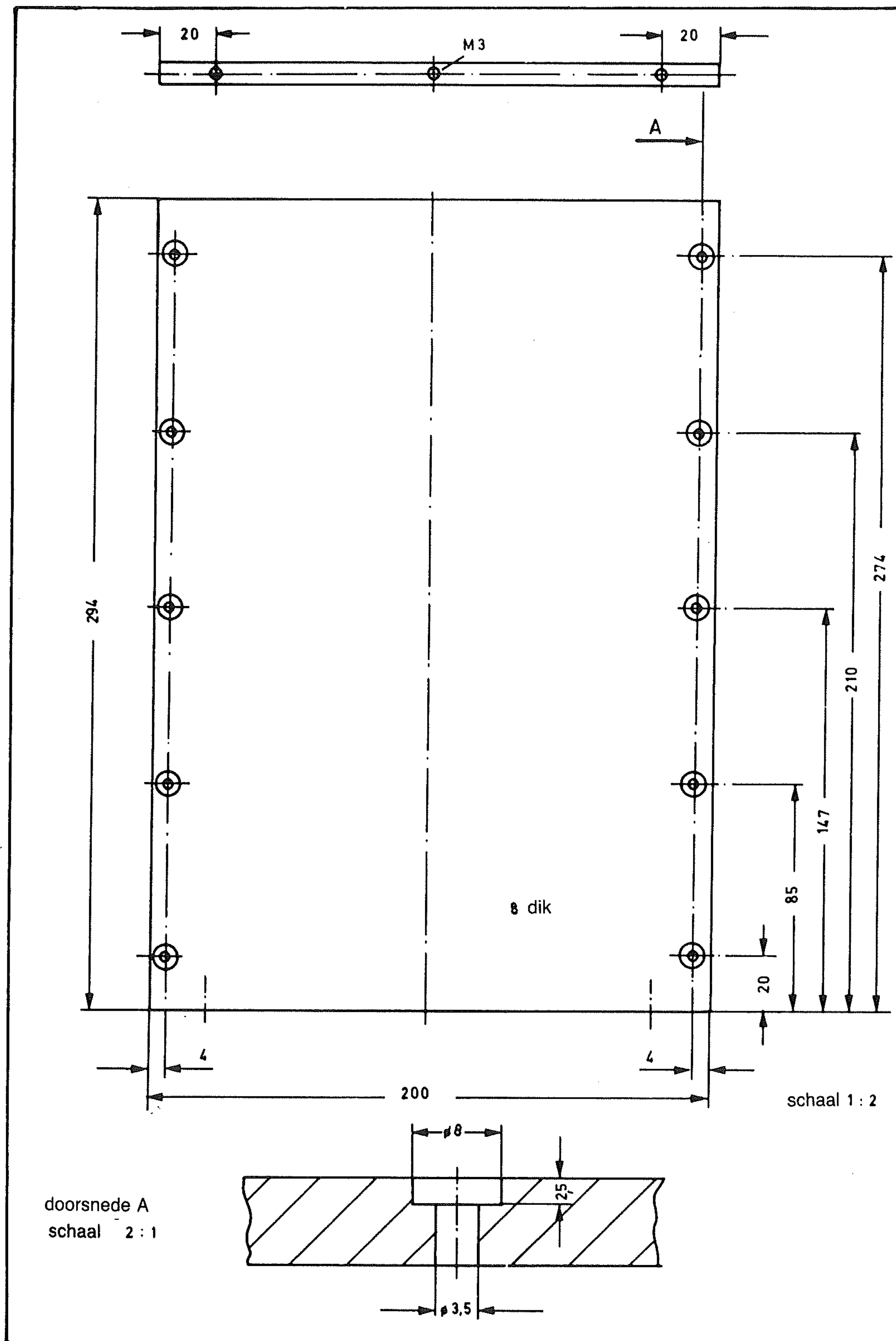



**Fig. 3/8.3.8-3:** Voor- en achterwand van de bak

## 8.3 Van schema tot kant en klare print



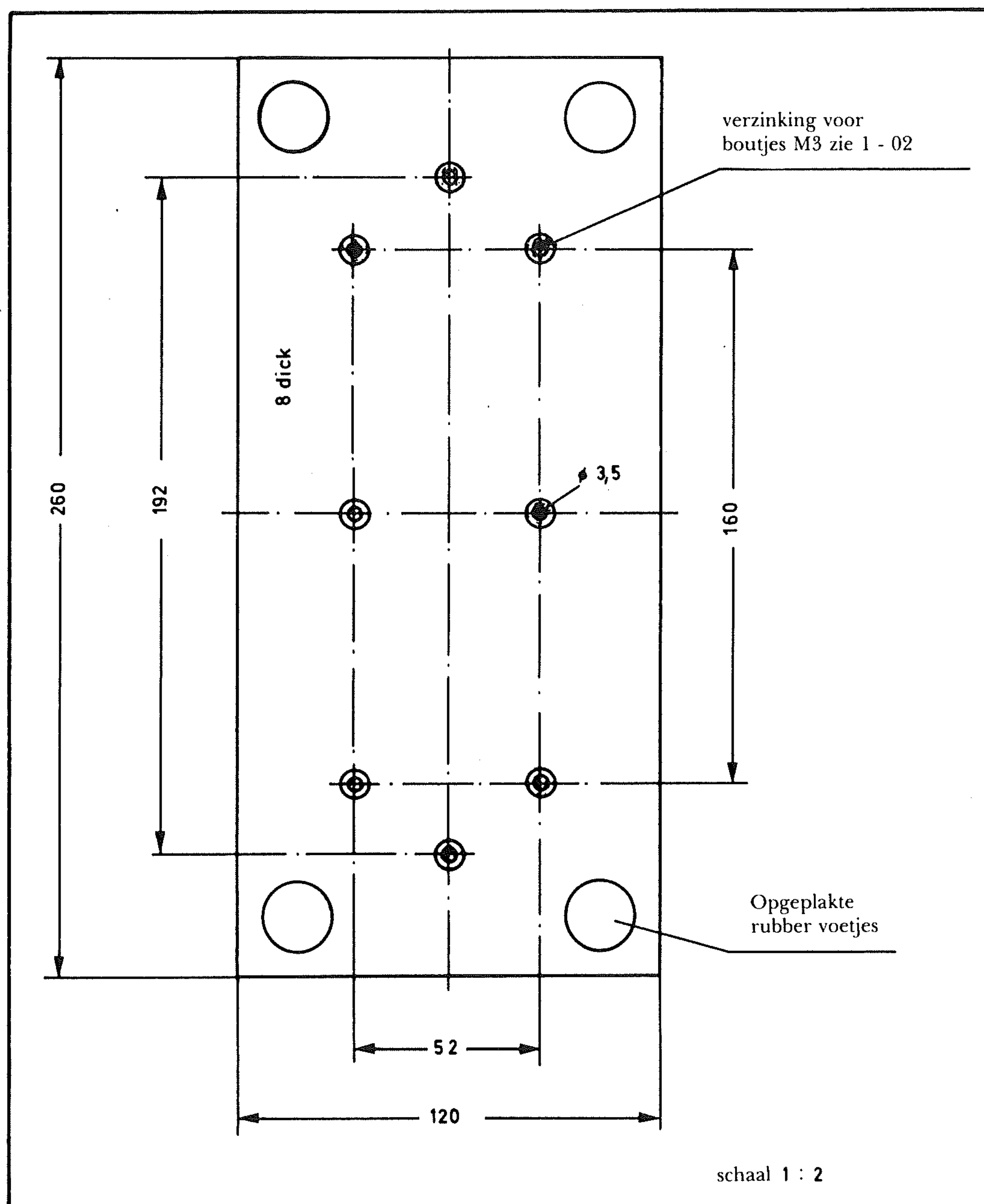
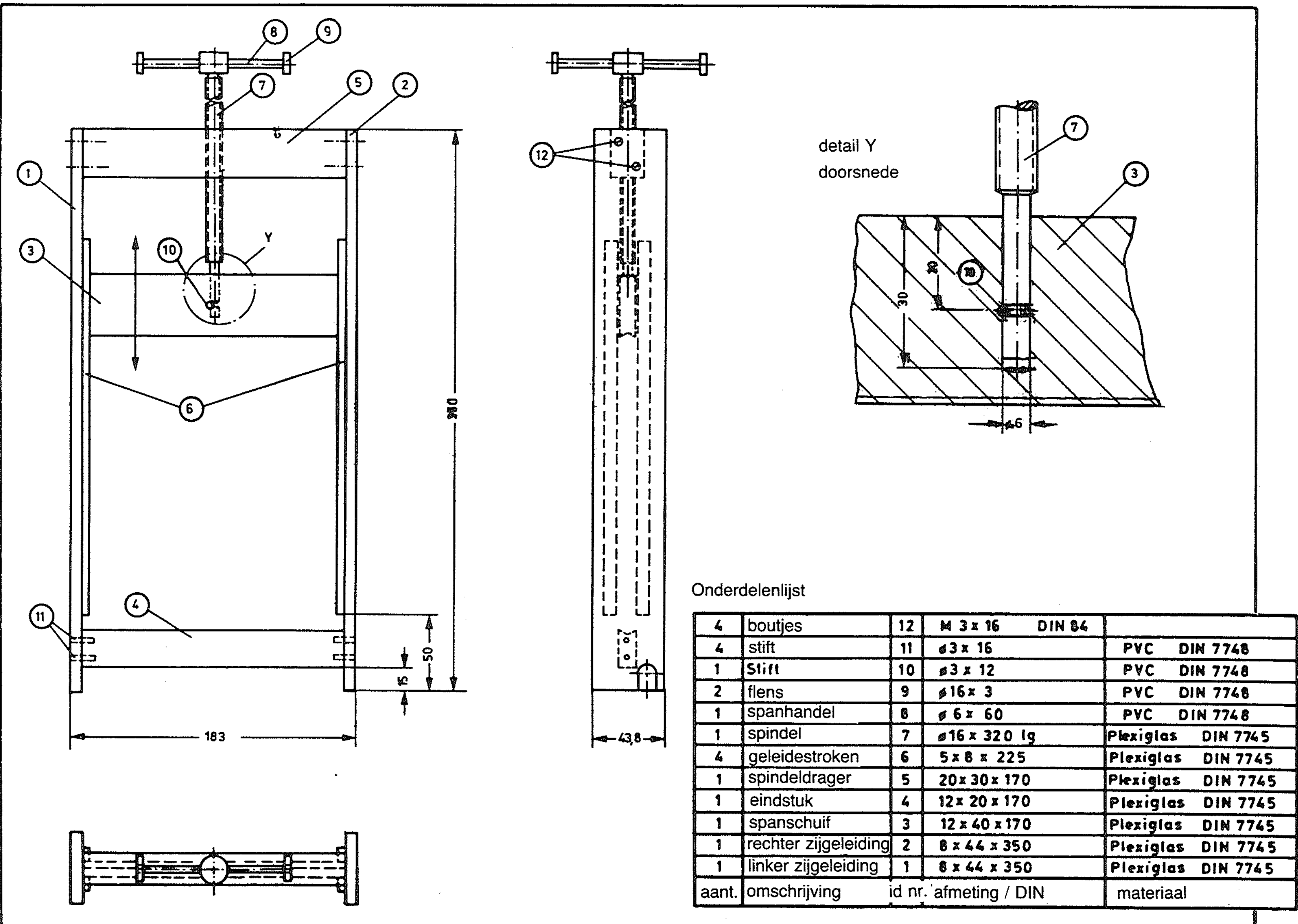



**Fig. 3/8.3.8-4:** Bodem van de bak.

## 8.3 Van schema tot kant en klare print




Onderdelenlijst

| aant. | omschrijving | id nr. | afmeting / DIN | materiaal |
|---|---|---|---|---|
| 4 | boutjes | 12 | M 3 x 16 DIN 84 | |
| 4 | stift | 11 | ø3 x 16 | PVC DIN 7748 |
| 1 | Stift | 10 | ø3 x 12 | PVC DIN 7748 |
| 2 | flens | 9 | ø16 x 3 | PVC DIN 7748 |
| 1 | spanhandel | 8 | ø 6 x 60 | PVC DIN 7748 |
| 1 | spindel | 7 | ø16 x 320 lg | Plexiglas DIN 7745 |
| 4 | geleidestroken | 6 | 5 x 8 x 225 | Plexiglas DIN 7745 |
| 1 | spindeldrager | 5 | 20 x 30 x 170 | Plexiglas DIN 7745 |
| 1 | eindstuk | 4 | 12 x 20 x 170 | Plexiglas DIN 7745 |
| 1 | spanschuif | 3 | 12 x 40 x 170 | Plexiglas DIN 7745 |
| 1 | rechter zijgeleiding | 2 | 8 x 44 x 350 | Plexiglas DIN 7745 |
| 1 | linker zijgeleiding | 1 | 8 x 44 x 350 | Plexiglas DIN 7745 |

Fig. 3/8.3.8-5: Het spanraam

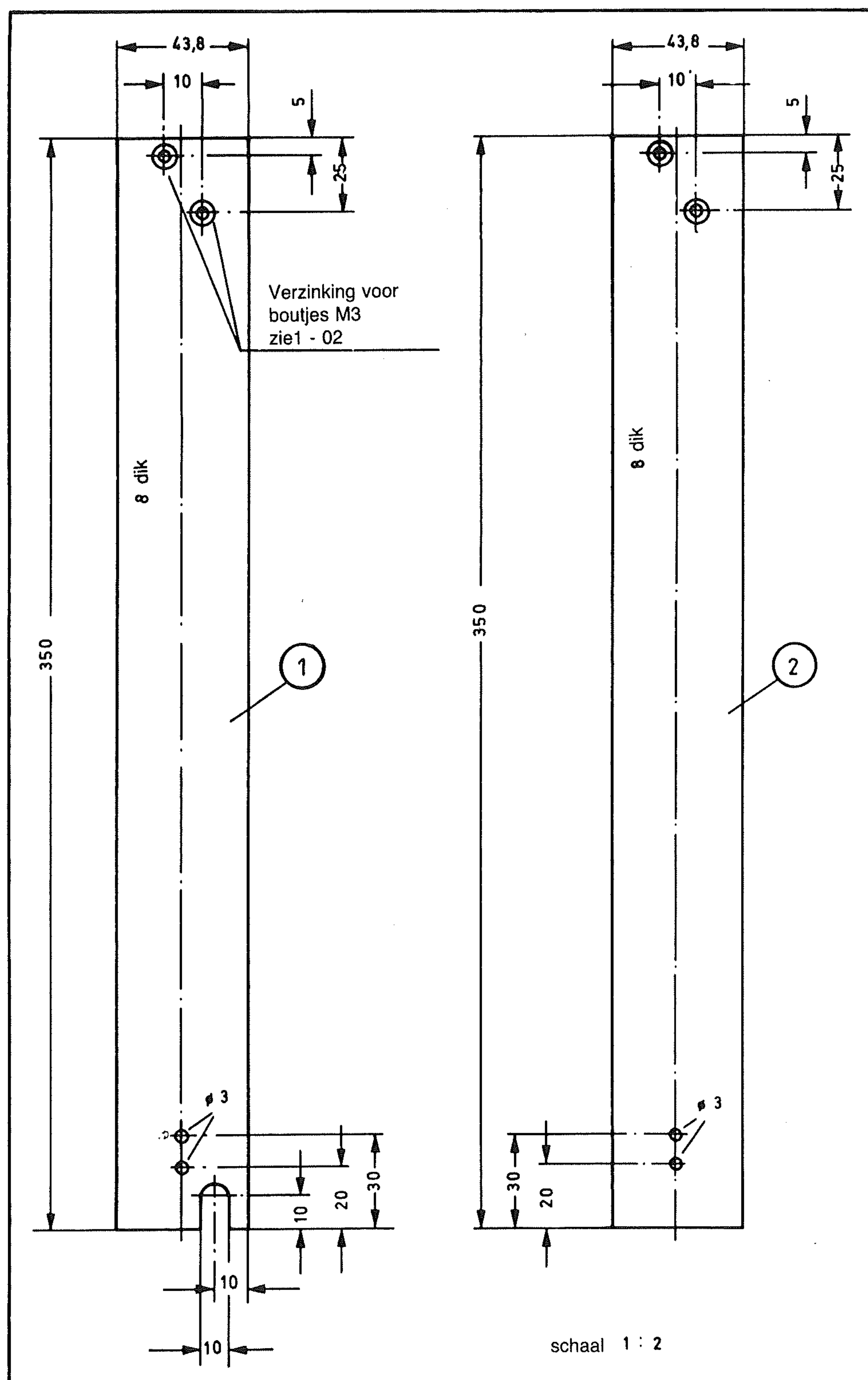



**Fig. 3/8.3.8-6:** Zijgeleiding van het spanraam

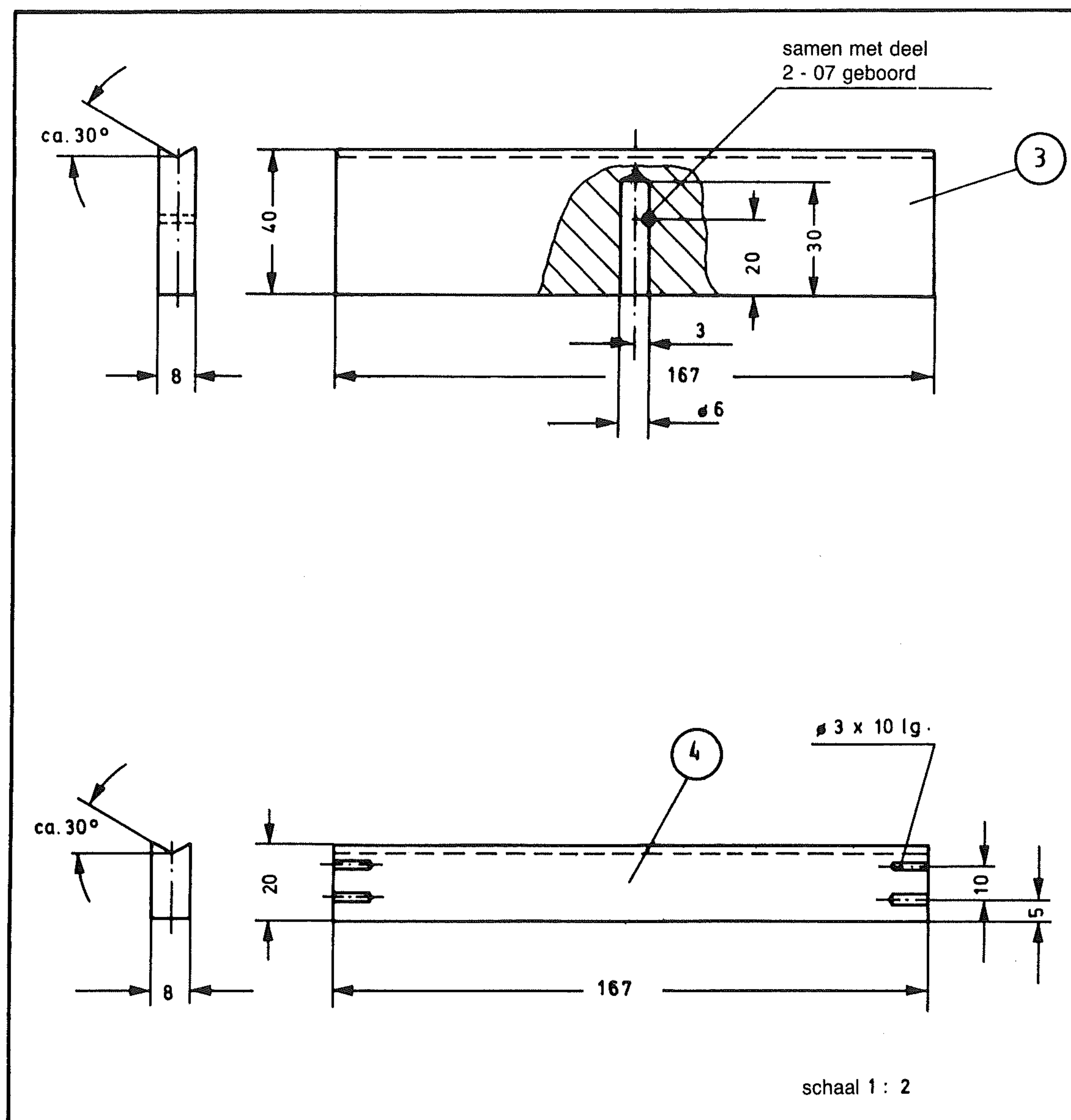



**Fig. 3/8.3.8-7:** Spanschuif en eindstuk van het spanraam

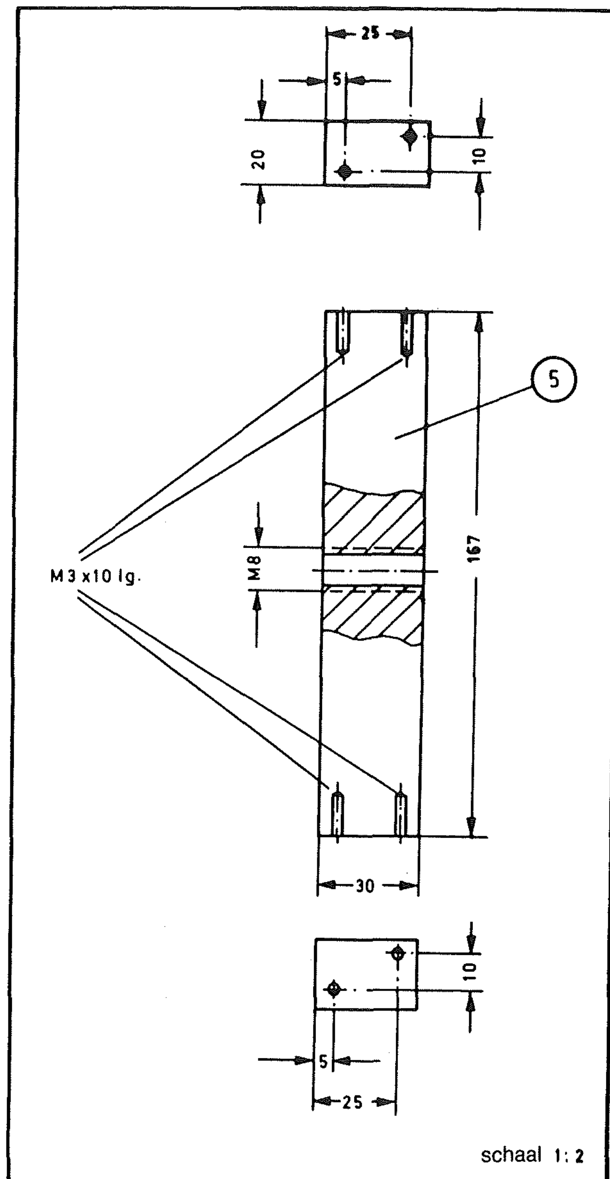



**Fig. 3/8.3.8-8:** De spindeldrager

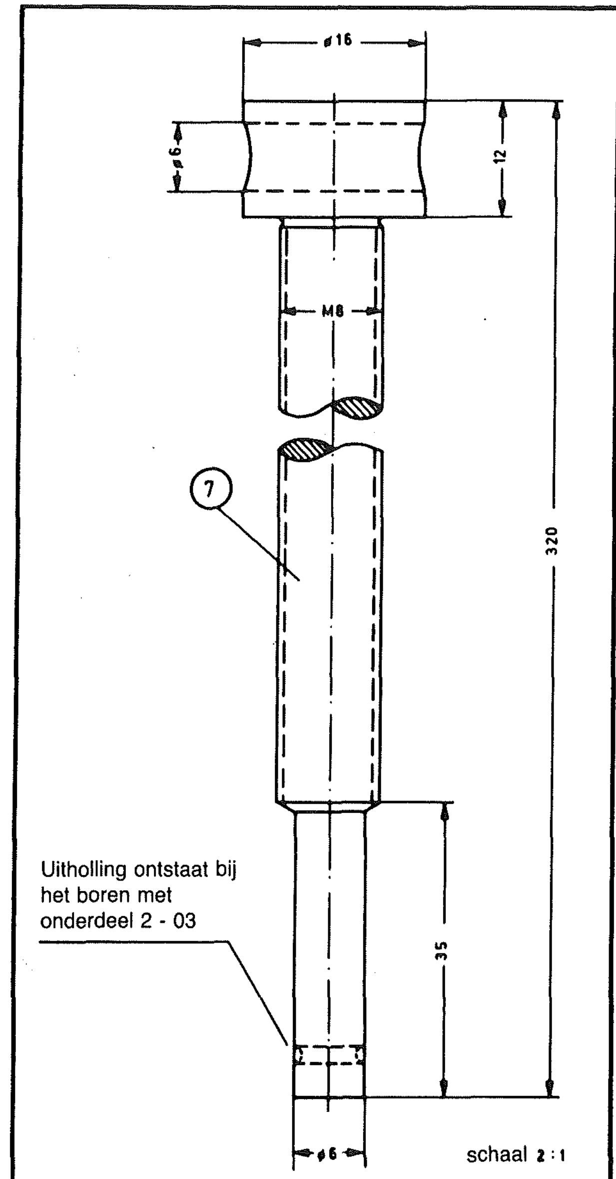



**Fig. 3/8.3.8-9:** De spindel

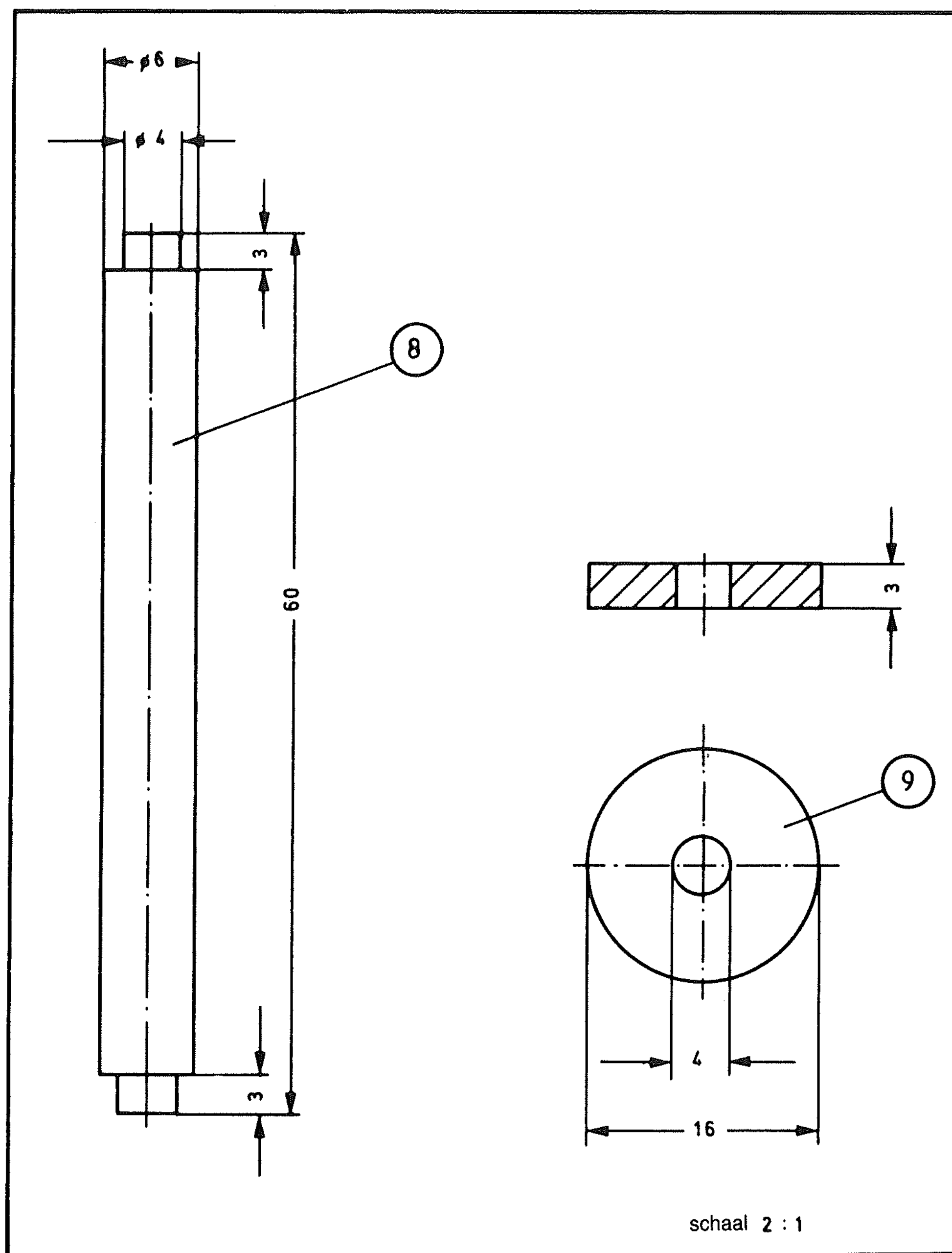



**Fig. 3/8.3.8-10:** Spanhandel en flens voor de spindel

## 8.3 Van schema tot kant en klare print

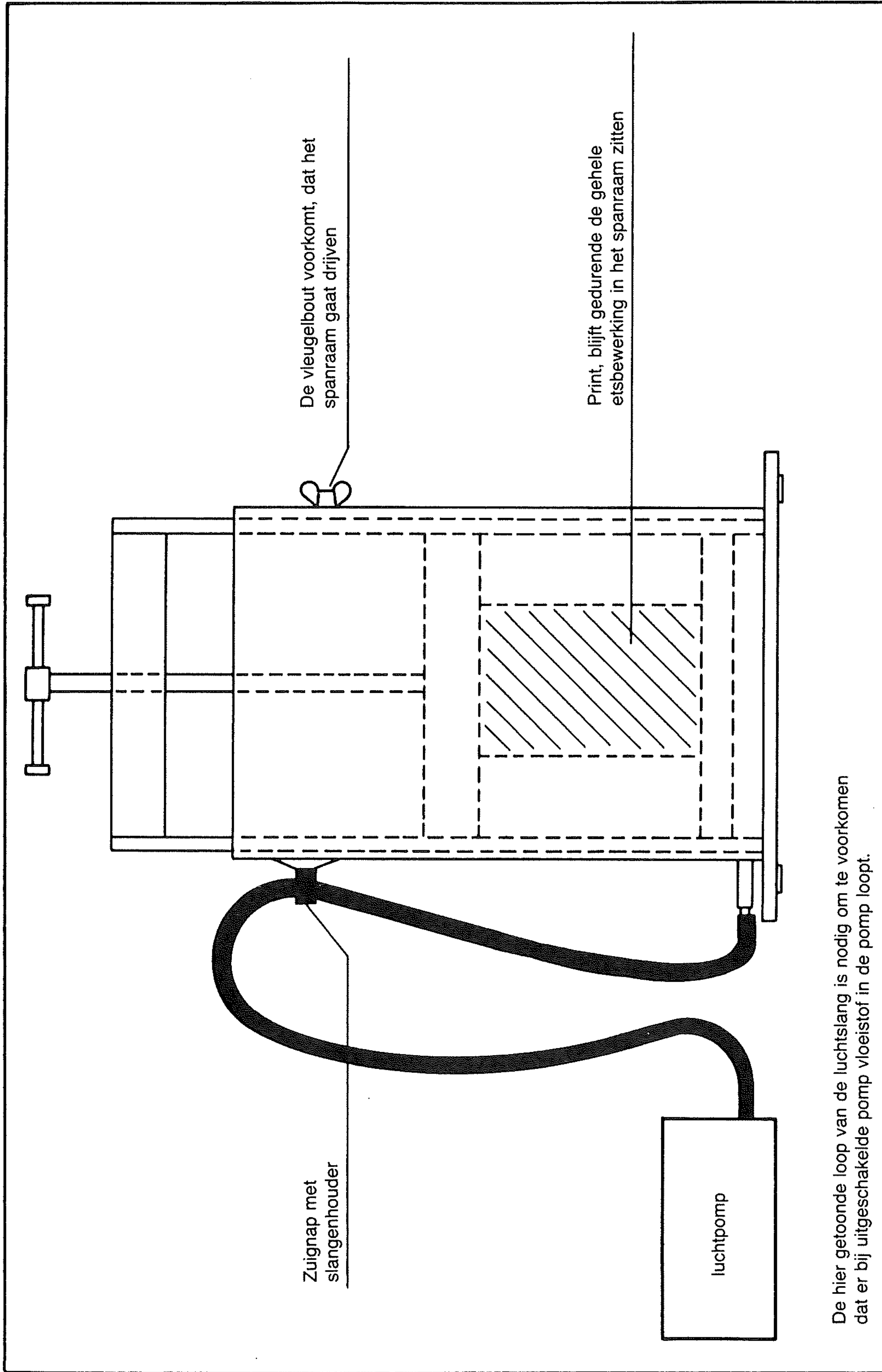



**Fig. 3/8.8-11:** Totaal overzicht voor de eindmontage

### 3/8.3.9 Bouwaanwijzingen voor de bak

Goede raad: Lees alvorens te beginnen de gehele bouwaanwijzingen eerst eens aandachtig door! Eerst de luchtpijp volgens tekening van de grondplaat lijmen. Het ene einde van de luchtpijp van een stop voorzien. Het andere einde blijft liggen voor een latere bewerking. Als de lijm hard is boort men gaatjes van 1 mm doorsnede in de pijp op een afstand van 8 tot 10 mm uit elkaar. Door deze gaatjes zal de lucht borrelen, die de vloeistof in beweging houdt. Vervolgens worden de voor-, achter- en zijwanden tegen elkaar gelijmd. Hierbij wordt de luchtpijp door de linker zijwand naar buiten gevoerd en natuurlijk ook met de zijwand verlijmd. Zorgt u ervoor dat voor het lijmen alle bramen verwijderd zijn en de aan elkaar te lijmen vlakken goed glad zijn om lekken van de bak te voorkomen.
Om de bak stabiel en plaatsvast te maken worden onder de grondplaat een paar rubber voetjes gelijmd. Het schroefgat in de rechter zijwand is voor de vleugelbout, die het spanraam vastzet om te voorkomen dat dit zal gaan drijven.

### 3/8.3.10 Bouwaanwijzing voor het spanraam

De gaten voor de stiftverbindingen moeten een voor een worden geboord. d.w.z. aan beide zijden eerst een gat boren, stift aanbrengen, dan het tweede gat boren en de stift aanbrengen. Boort men beide gaten tegelijk, dan kunnen door afwijkingen bij het boren maatverschillen optreden, die de inbouw bemoeilijken en straks voor wringen kunnen zorgen. Nu worden de spanhandel en de flens aangebracht. De geleidestrippen worden zo aangebracht, dat de spanschuif er makkelijk tussen loopt. Nu moet de spindel gemaakt worden. Aangezien we er maar niet van uitgaan dat elke hobbyist thuis een draaibank heeft staan zult hiervoor buitenshuis moeten gaan. Een goede mogelijkheid is een metaalbedrijf of een LTS; voor weinig geld zijn die meestal wel genegen de spindel te draaien. De spindel kan met de spanschuif eenvoudig worden gemonteerd. De onderkant van de spindel (detail Y) wordt in de spanschuif geschoven. Nu wordt het gat (3 mm) voor de stift geboord. Neemt men de spindel nu weer uit de spanschuif, dan is er door het boren van het gat een halfcirkelvormige hap uit de spindel. Met een rondvijltje maakt u deze inkeping nu rondom de spindel. Deze inkeping mag niet te diep worden. Vijlen, proberen, vijlen, proberen etc. totdat de spindel licht in de spanschuif helemaal rond gedraaid kan worden. Als dit bereikt is wordt de spindel weer gemonteerd, en in de spanschuif gestoken, waarna de stift wordt aangebracht. Nu kan de spanschuif door draaien van de spindel omhoog en omlaag worden bewogen.

### 3/8.3.11 Afwerking

Het spanraam kan nu in de bak worden gezet. Met een slangenklem en een rubberslang wordt de aquariumpomp aangesloten. Let erop, dat de slang loopt zoals aangegeven, of dat de pomp hoger is gemonteerd dan het maximum vloeistofniveau om te voorkomen dat de vloeistof via de pomp

weg zou kunnen lopen. Het spanraam moet met een vleugelboutje worden vastgezet om te voorkomen dat het gaat drijven.

### 3/8.3.12 Gebruiksaanwijzing

Ondanks het gemakkelijke gebruik moet men er altijd op bedacht zijn geen loog of zuur op de huid te krijgen. Gebeurt dit desondanks toch, dan altijd met stromend water afspoelen. Als de bak achtereenvolgens voor ontwikkelen en etsen wordt gebruikt moet men deze tussendoor goed uitspoelen, zodat u geen ongewenste reacties van zuren en logen te zien krijgt.

### 3/8.3.13 Verdere aanwijzigen en tips

**Bewerken van kunststof!**

In principe kan men kunststof net zo behandelen als metaal. Echter let erop, dat alle snijdende gereedschappen goed scherp zijn, daar anders te veel warmte wordt ontwikkeld. Daardoor zou afbrokkelen van kanten en smelten van de kunststof kunnen optreden, meestal gevolgd door vastlopen van het snijgereedschap (boor, zaag e.d.) en breuk of scheuren in de kunststof. De beste resultaten krijgt men met gereedschappen die geharde of gesinterde snijvlakken hebben.

**Hoe komt u aan plexiglas?**

Bij de meeste doe-het-zelf zaken en schildershuizen is plexiglas te koop. Vaak is het mogelijk de platen al op maat te laten snijden. Ook de benodigde profielen, 30 x 40, 12 x 20, 12 x 40, 5 x 8, 16 mm rond en 3 mm rond, zijn bijna altijd kant en klaar verkrijgbaar.

**Wat is de beste lijm?**

Hiervoor zijn meerdere oplossingen. U dient er echter op te letten, dat de lijm goed uithard en loog- en zuur-bestendig is. Goede resultaten kunt u verwachten van twee componenten lijm. De lijm moet niet zo snel harden, dat nastellen niet meer mogelijk is. Leest u voor u lijm koopt eerst de gebruiksaanwijzing en de toepassing. Er zijn tegenwoordig zeer vele soorten lijm in de handel, maar de toepassing en gebruiksaanwijzingen zijn doorgaans duidelijk vermeld.

**Welke luchtpomp?**

Een eenvoudige aquariumpomp volstaat. Het is beslist onnodig het beste van het beste te kopen. De pomp wordt in tegenstelling tot de toepassing in een aquarium maar zo nu en dan gebruikt. Koopt u tegelijk met de pomp ook de slanghouder met zuig of kleef bevestiging, zodat u de slang kunt ophangen zoals op de tekening aangegeven. Vergeet ook de slang zelf niet.

**Fotolak**

Als fotolak voldoet in de praktijk "POSITIV 20" van "Kontakt-Chemie" het best. Deze lak kan in gewoon daglicht worden gebruikt. Ze kan worden gedroogd in de oven (waarbij u geen angst voor aanslag in de oven hoeft te hebben). De oven niet voorverwarmen. Opwarmen tot ca 65°C de lak is in ca. 30 tot 40 minuten droog.

**Ontwikkelaar**

Als men fotogevoelige printplaat koopt, wordt bijna altijd een zakje met

ontwikkelzout meegeleverd. U hoeft dit dan nog slechts in water op te lossen. Houdt u zich nauwkeurig aan de dosering. Zelf kunt u de ontwikkelaar eenvoudig maken door 7 gram etsnatron in een liter water volledig op te lossen.

**Etsmiddel**
Het beste etsmiddel is ijzer-tri-chloride. Daarmee verloopt het etsen niet te snel en zeer regelmatig, zodat ook de ongeoefenden hiermee goed uit de voeten kunnen. IJzer-tri chloride kunt u in de elektronica winkel als poeder of korrels kopen. Door oplossing in water krijgt u de etsvloeistof. De dosering staat op de verpakking.

### 3/8.3.14 Benodigde materialen

**Plexiglas:**
8 x 45 x 300 mm aantal 2
8 x 120 x 260 mm aantal 1
8 x 200 x 300 mm aantal 2
8 x 44 x 350 mm aantal 2
12 x 40 x 170 mm aantal 1
12 x 220 x 170 mm aantal 1
20 x 30 x 170 mm aantal 1
5 x 8 x 225 mm aantal 4
16 mm rond, 350 mm lang aantal 1
6 mm rond, 60 mm lang aantal 1
3 mm rond, 100 mm lang aantal 1

**Luchtpijp:** rond 6, lang 450 mm
**Rubber voetjes:** 10 mm rond aantal 4
**Boutjes:** M 3 x 16 aantal 32
**Vleugelboutje:** M 6 x 12 aantal 1
**Luchtpomp:** gemiddeld vermogen (zie beschrijving boven)
**Lijm:** zie tekst boven

### 3/8.3.15 De belichting

Om fotolak te belichten is een bijzonder soort licht nodig, te weten licht met een golflengte van 370 tot 440 nm (UV-licht). Gewone gloeilampen geven slechts weinig UV-licht. Toch is het mogelijk met een gewone gloeilamp van 200 Watt prints te belichten. De afstand tot de print moet dan ca. 12 cm bedragen en de belichtingstijd is ca. 15 min. In tabel 3/8.3.15-1 vindt u een overzicht van een aantal lichtbronnen, die zeer geschikt zijn voor belichting, met daarbij de belichtingstijd, de afstand tot de print en hoe de print met de folie afgedekt moet worden.

### 3/8.3.16 Etsen en het milieu

De bij het vervaardigen van printplaten gebruikte vloeistoffen mag men slechts in extreme verdunningen door de afvoer gooien. Volgens de regels van afvalwater mag er niet meer dan 2 mg. koper in een liter water zijn opgelost. De beste en milieuvriendelijkste methode om u van overtollige schadelijke vloeistoffen te ontdoen is ze naar de afdeling gemeentewerken van uw woonplaats te brengen. Vermeld op de fles of container even om welke vloeistoffen het gaat. De gemeente zorgt dan voor een verantwoorde verwerking.

| Lichtbron | Belichtingstijd | Afstand | Opmerkingen |
|---|---|---|---|
| Kwikzilverlamp Philips HPR 125 | 3 min. | 30 cm | Afdekken met 4 à 5 mm dik kristalglas |
| Kwikzilverlamp 1000 Watt | 90 sec. | 50 cm | idem |
| Huis-hoogtezon | 180-240 sec. | 30 cm | idem |
| Osram Vitalux 300 Watt | 4-8 min. | 40 cm | idem, maar dikte 8-10 mm |

**Tabel 3/8.3.15-1:** Belichtingstabel.

## 3/8.3.17 Wat kan er mis gaan, waarom en wat doet u eraan

| Mogelijke fout | Oorzaak | Oplossing |
|---|---|---|
| Sterke violet verkleuring aan de rand | Te veel fotolak gebruikt | Belichtingstijd verdubbelen |
| Te lange belichtingstijd nodig | Er wordt teveel UV-licht geabsorbeerd of<br>De lichtbron geeft onvoldoende UV-licht of<br>Afdekplaat laat onvoldoende licht door of<br>Laklaag is te sterk gedroogd | Alleen heldere folie gebruiken<br>Hoogtezon of kwikzilverzilverlamp gebruiken<br>Geen glas dat veel UV-licht absobeert gebruiken<br>Geen hogere temp. dan 70⁰ |
| De print is niet te ontwikkelen | Te hoge droogtemperatuur | Geen hogere temp. dan 70⁰ |
| De fotolak lost bij het ontwikkelen op | Laklaag is onvoldoende of te snel gedroogd | 15-20 min. voordrogen, dan ca. 30 min. doordrogen bij max. 70⁰ |
| De printsporen zijn aangetast | De printfolie is gedeeltelijk lichtdoorlatend | betere viltstof gebruiken of copieerapparaat donkerder instellen |

# 3/8.3.18
# Professioneel printen maken

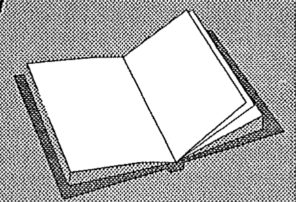
## Inleiding

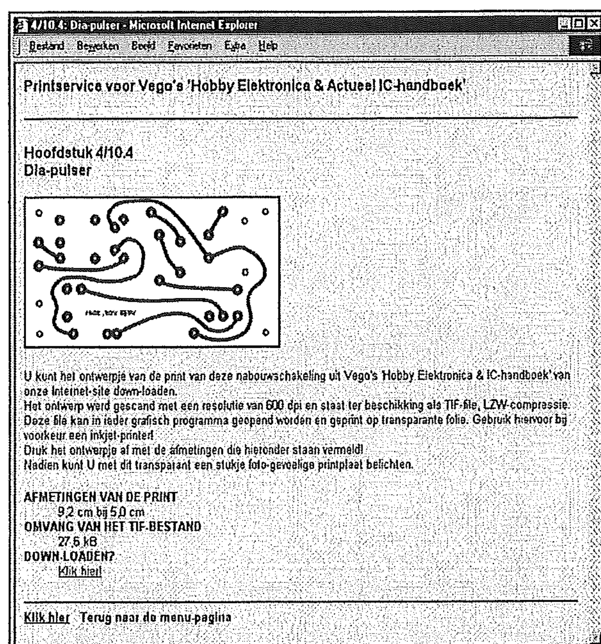
**Van goedkoop tot duur**
Wie er om de een of andere reden toe besluit zélf printen te maken, heeft tegenwoordig een ruime keus aan hulpmiddelen, chemicaliën, apparaten en technieken. Natuurlijk kunt u op de oude manier met een etszak van Seno aan de slag en de aldus geëtste print boren met normale spiraalboortjes van 1 mm in uw Black & Decker.
Maar daar gaat dit hoofdstuk niet over! We zullen het hebben over het betere werk, interessant voor de zo professioneel mogelijk werkende hobbyist met een ruime beurs, technische scholen, elektronica clubs en kleine bedrijven die er prijs op stellen zonder te knoeien en met een minimale kans op mislukking en frustraties mooie proefprinten of klein-series te etsen en te boren.

**Productiestappen**
Van idee tot print, er komt inderdaad heel wat bij kijken:
- het printontwerp maken;
- basismateriaal en chemicaliën verzamelen;
- de print belichten;
- de print ontwikkelen;
- de print etsen;
- de print boren;
- de print eventueel doormetaliseren;
- de print afwerken.

**Een alternatief**
Het beschreven proces stelt de traditionele manier van werken voor. Tegenwoordig bestaat er een revolutionaire manier waarmee u, als u over voldoende budget beschikt, op een volledig chemicaliënloze manier printen kunt maken: printen frezen rechtstreeks vanuit de computer. Dit wordt "isolatie-frezen" genoemd, omdat de koperbanen op de print van elkaar worden geïsoleerd door het koper ertussen weg te frezen.
Ook aan deze techniek zal in dit hoofdstuk aandacht worden besteed.

**LEES OOK:**
Hoofdstuk 3/8.3.1
tot en met
Hoofdstuk 3/8.3.17



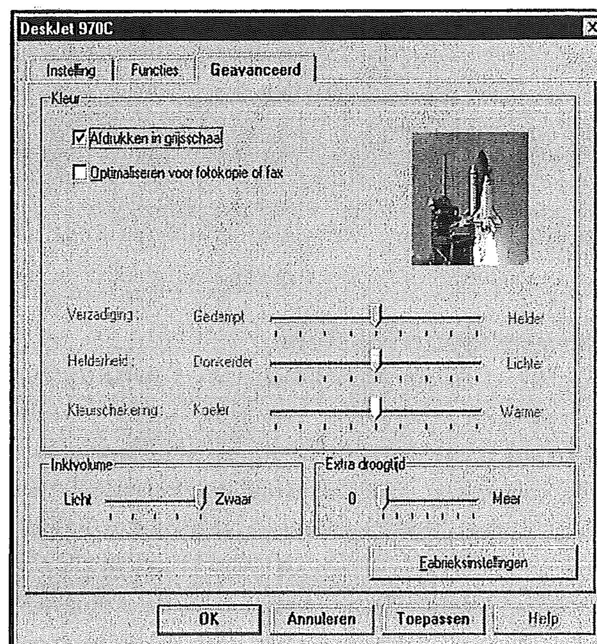



**Figuur 3/8.3.18-1:** Het downloaden van afdrukbare printen uit de internetsite van een tijdschrift.

# Printontwerp maken

## Uit een tijdschrift of zélf aan de slag?

Een belangrijke vraag, want deze keuze bepaalt in hoge mate de eerste stappen van de productie. Wie een printontwerp van een schakeling uit een tijdschrift wil namaken kan tegenwoordig bij tijdschriften die met de tijd meegaan terecht op een internetsite. Daar staat het ontwerp ter beschikking in een of ander download-formaat.
Op onze eigen site www.vego.nl/hobby, zie figuur 3/8.3.18-1, kunt u bijvoorbeeld alle printontwerpen downloaden als TIF-bestand. Deze kunt u met uw inkjet-printer afdrukken op speciale transparante folie. Deze afdruk is zonder meer bruikbaar voor het UV-belichten van fotogevoelige print. U moet natuurlijk wel in het printmenu het juiste type papier instellen en, als het kan, ook de inktdichtheid op de maximale waarde instellen. In figuur 3/8.3.18-2 is bijvoorbeeld het menu gegeven van de HP DeskJet 970Cxi.

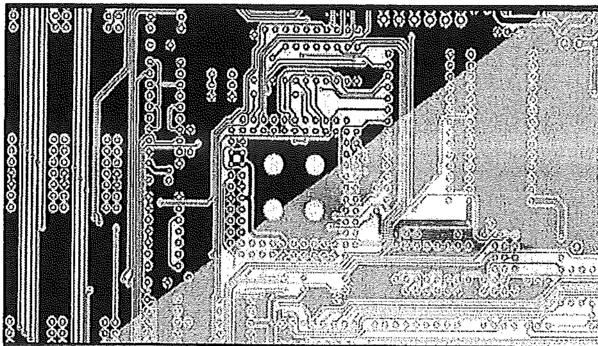



**Figuur 3/8.3.18-2:** Het instellen van het printmenu van de inkjet-printer.

## Voorbeeld op papier

Een tijdschrift als Elektuur doet daar (nog) niet aan. Weliswaar kunt u alle Elektuur-printen of bij de uitgever bestellen of laten maken door bepaalde printfabrikanten, maar dat is nog iets anders dan de print zélf maken. U kunt de print natuurlijk vanuit het tijdschrift scannen en afdrukken op de reeds besproken transparante folie. Een tweede optie is van de printpagina een fotokopie maken op speciale transparante folie en daarmee aan de slag gaan. Maar let op! De transparante folie die u koopt voor gebruik in uw inkjet-printer is absoluut niet geschikt voor verwerking in een kopieerapparaat! Deze folie is namelijk niet hittebestendig en smelt vast aan de zeer hete fixeerrollen in het kopieerapparaat. Exit fotokopieerap-

paraat! U moet speciale hittebestendige transparante folie kopen, die voor gebruik in fotokopieermachines en overhead projectoren op de markt wordt gebracht. Het nadeel van deze folie is dat de afdruk niet écht dekkend zwart is en dus niet zo erg geschikt is voor het UV-belichten van een print. De kans is groot dat het UV-licht via duizenden microscopisch kleine pinholes in de zwarting van de film het koper belicht en u eindigt met een print met poreuze koperbaantjes. Gelukkig kunt u tegenwoordig een speciale black-out spray kopen, zie figuur 3/8.3.18-3, die dergelijke afdrukken omzet in prachtige diepzwarte beelden.



**Figuur 3/8.3.18-3:** Met zogenaamde black-out spray maakt u een mooie film voor het belichten van uw printplaten.

Zelfs grote vlakken zoals bijvoorbeeld groundplanes worden volzwart. Hierdoor kunt u nog scherpere afdrukken maken en worden de belichtingstijden minder kritisch. Bovendien zorgt deze black-out spray voor een beschermende laag op uw film.

- Prijzen:
  PCB Layout Copier Paper:
  EUR 8,30 per 10 vel
  Black-out Spray: EUR 7,20 per spuitbus

**Zélf een print ontwerpen**

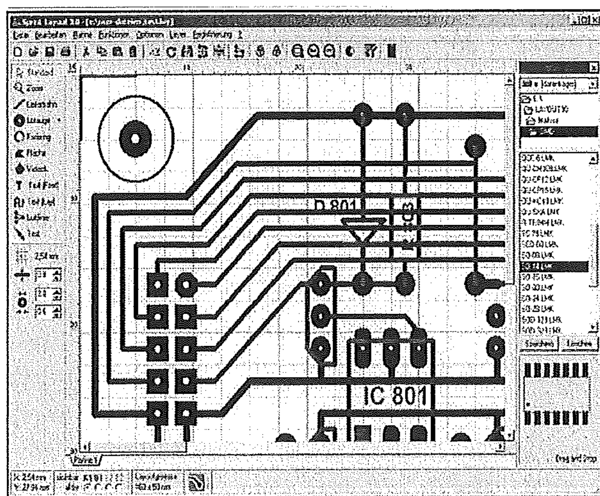
Waarschijnlijk voelt u er niet veel voor om op de ouderwetse manier aan de slag te gaan met afstrijkvelletjes, PCB-tape en mesjes. Dat hoeft ook niet, want u kunt kiezen uit werkelijk tientallen PCB-programma's. Als u maar af en toe een printje moet ontwerpen raden wij u "Sprint Layout" van het Duitse Abacom aan, zie figuur 3/8.3.18-4. Niet eens zozeer omdat wij deze software tegenwoordig zélf in Nederland en België verkopen, maar gewoon omdat het een prachtig programma is. Ook zonder enige ervaring kunt u meteen aan de slag en binnen de kortste keren heeft u een prachtig ontwerpje, dat u op uw inkjet-printer op transparante folie kunt afdrukken. Het unieke van dit programma is dat u bijvoorbeeld een ingescande Elektuur-print als basis kunt gebruiken en dit ontwerp snel kunt natekenen en aan uw eigen wensen kunt aanpassen. De ingescande print kunt u verkleinen of vergroten tot de rastermaat precies gelijk wordt aan de standaard 0,254 mm rastermaat van het programma. Via vier andere knopjes kunt u de print verschuiven over het raster van "Sprint Layout", totdat bijvoorbneeld alle gaatjes van een IC precies samenvallen met het magnetisch raster. Nadien kunt u heel snel alle soldeereilandjes en de sporen aanbrengen.

- Prijs:
  Sprint Layout, versie 3.0: EUR 40,40

**Uw kostbare ontwerpen beschermen**

Zowel de met inkt bespoten transparante folies als de met de black-out spray behandelde folies zijn vrij kwetsbaar en zeer gevoelig voor krassen. Een kras is wel het allerlaatste dat u bij het belichten van printen kunt gebruiken. Er bestaat een uniek systeem om die kwetsbare folies om

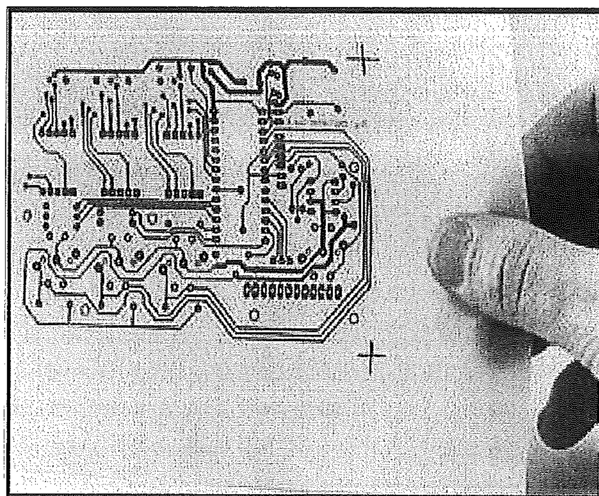
te zetten in zeer robuuste masters voor het belichten van printen: diazo-film. Diazo-film is een positieve contactfilm, volledig krasbestendig en door de gepatenteerde Du Pont drager absoluut maatvast. De film is met UV-licht te belichten, dus net zoals een fotogevoelige print. Het ontwikkelen geschiedt met behulp van een damp-ontwikkelapparaat of in een schaal met een bodempje voorverwarmde huishoud-ammonia. De film kan niet overontwikkelen en is na het ontwikkelen direct gebruiksklaar. U krijgt een kopie van uw printontwerp, zie figuur 3/8.3.18-5, alleen zijn de zwarte banen nu omgezet in een donkerbruine tint. Geen probleem, want deze kleur laat absoluut geen UV-licht door en u kunt er op de gebruikelijke manier uw printen mee belichten.



**Figuur 3/8.3.18-4:** Het werkscherm van Abacom's Sprint Layout.

Ultrayield diazo-film is een voltransparante, contrastrijke film met een hoge resolutie. In de printvervaardigings-industrie wordt de film veelal gebruikt als werk- of archieffilm. Voor een goede herkenbaarheid is de emulsiezijde van de film licht gematteerd. Per vel kan de gewenste afmeting worden afgeknipt, waarna de rest van het vel in de lichtdichte verpakking kan worden bewaard. De film is zes maanden tot een jaar houdbaar. Bij het belichten van de diazo-film met uw ontwerp werk u natuurlijk volgens de contactmethode. Ontwerp op de glasplaat van uw UV-belichtingsbak, diazo-film er overeen met de emulsiezijde tegen het ontwerp en het geheel afdekken met een zwart velletje papier om lichreflectie te voorkomen. U moet er daarbij wél op letten dat het de gematteerde emulsiezijde is, die uiteindelijk tegen de fotogevoelige print komt te zitten bij het belichten van de print.

- Prijs:
  Diazo-film Dynachem Ultrayield 300:
  10 vel 305 x 457 mm: EUR 28,60


**Figuur 3/8.3.18-5:** Met diazo-film zet u uw kwetsbare afdrukken om in een robuuste film die de eeuwigheid kan doorstaan.

# Materialen verzamelen

### Fotogevoelige printplaat

De standaard printplaat die tegenwoordig door vrijwel iedere leverancier wordt aangeboden is FR-4 blauw. FR-4 is een 1,6 mm dikke plaat met als basis glasvezel-epoxy.

Dit materiaal is geschikt voor zowel conventionele printplaatfabricage als voor toepassing met isolatie-frees systemen. Het materiaal voldoet aan de internationale kwaliteitsnormen DIN, NEMA, MIL en IEC. De platen zijn zowel enkel- als dubbelzijdig leverbaar met koperfolies van 35 µm of 70 µm dikte. Over de koperfolie is een ultraviolet gevoelige fotolaag aangebracht. Deze wordt afgeschermd door een zelfklevende zwarte folie, die zich gemakkelijk van de printplaat laat verwijderen.
De standaard afmetingen van deze platen bedragen 50 cm bij 116 cm. Daarnaast wordt hetzelfde materiaal geleverd op Euro-formaat van 10 cm bij 16 cm.
- Prijs:
  FR-4 enkelzijdig, 35 µm: EUR 42,40

Een tweede basismateriaal is CEM-1 composite, ook met een plaatdikte van 1,6 mm.
- Prijs:
  CEM-1 enkelzijdig, 35 µm: EUR 52,40

**Ontwikkelaar**
Vroeger werden fotogevoelige printplaten ontwikkeld met verdunde natriumhydroxide NAOH.
Een smerig goedje dat de huid van de handen aantast. Tegenwoordig is er ook milieuvriendelijke NaOH-vrije ontwikkelaar leverbaar. Dit spul wordt geleverd in pakjes van 10 g, die opgelost worden in 1 l water.
- Prijs:
  zakje van 10 g: EUR 1,70

Een alternatief is kant-en-klare vloeibare ontwikkelaar, zoals bijvoorbeeld Shipley 303. Deze vloeistof wordt geleverd in flessen van 1 l of kunststof jerrycans van 5 l.
- Prijs:
  Shipley 303, fles 1 liter: EUR 17,40
  Shipley 303, jerrycan 5 liter: EUR 69,10

**Etsmiddel**
Voor het etsen van de belichte print staan twee verschillende chemicaliën ter beschikking.
Het oudste, maar ook smerigste, is ijzertrichloride $FeCl_3$. Dit product wordt geleverd onder de vorm van gele korrels die oplossen tot een diepbruine oplossing. Diverse leveranciers leveren kant-en-klare oplossingen in grote jerrycans. IJzertrichloride is geschikt voor borrel-, rotatie- en sproei-etssystemen.
- Prijs:
  $FeCl_3$, jerrycan van 10 liter: EUR 24,00

$FeCl_3$ is berucht om de onuitwasbare vlekken die het maakt in kleding en de smerige bruine neerslag die achterblijft in alles waarin het spul is gebruikt. Hiervoor is echter een speciale vlekkenverwijderaar verkrijgbaar.
- Prijs:
  potje 250 ml: EUR 8,50

Een tweede vaak gebruikt etsmiddel is amoniumpersulfaat, dat echter alleen geschikt is voor borrel etssystemen.
Het witte poeder moet opgelost worden in water met een concentratie van ongeveer 150 g/l.
- Prijs:
  amoniumpersulfaat, 5 kg: EUR 35.33

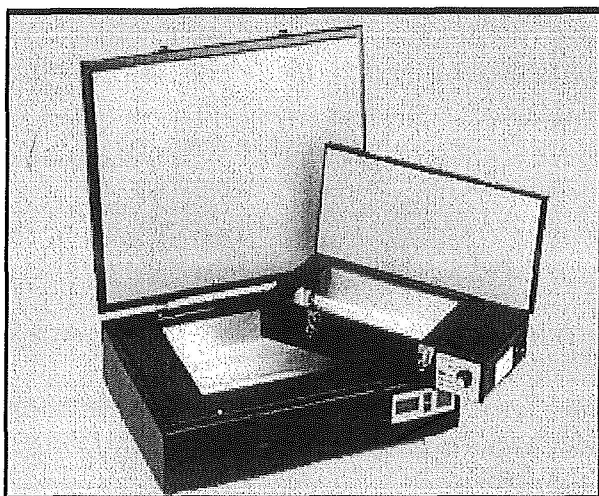
# De print belichten

**Inleiding**
Fotogevoelige printen moeten met UV-licht worden belicht. Daarvoor zijn speciale TL-buizen in de handel en in principe is het zélf maken van een belichtingskast niet zo'n grote klus. Maar omdat de dichtheid van de sporen op een moderne print vrij groot is en de sporen dus vrij dun zijn, worden toch wel grote eisen gesteld aan de constructie van zo'n kast. In ieder geval

moet de constructie dusdanig zijn dat de print en de film absoluut luchtbellenvrij tegen elkaar aan worden geperst. Is dat niet het geval, dan kan men er zeker van zijn dat het belichten mislukt en een deel van de sporen wordt wegbelicht. Bovendien moeten de TL-buizen zo opgesteld worden dat er een zo egaal mogelijk UV-veld op de print invalt.

In de handel zijn drie soorten belichtingskasten:

- enkelzijdig low cost;
- enkelzijdig vacuüm;
- dubbelzijdig vacuüm.



Figuur 3/8.3.18-6: Twee voorbeelden van goedkope enkelzijdige belichtingskasten.

**Enkelzijdig low cost**

Het zijn dergelijke apparaten die zich in principe lenen voor zelfbouw. In een metalen bak is op de bodem een aantal TL-buizen aangebracht, zie figuur 3/8.3.18-6, de bak wordt afgesloten met een glazen plaat. Het deksel is voorzien van een schuimrubber mat en drukt, als men de bak sluit, de print en de film tegen elkaar. Het werken met een dergelijk apparaat is eenvoudig. Men legt de film op de glasplaat (let op de juiste positie, de emulsiezijde moet naar boven!), legt een iets groter stuk fotogevoelige print op de film, sluit de kast en schakelt het apparaat is. Vrijwel alle apparaten, ook de allergoedkoopste, zijn voorzien van een mechanische of elektronische timer waarmee men de belichtingstijd kan instellen.

Kleine kasten zijn bedoeld voor het belichten van printjes tot 23 cm bij 16 cm en zijn voorzien van twee 8 W TL-buisjes. De grotere apparaten, goed voor een belichtingsoppervlak van 35 cm bij 26 cm, hebben vier 15 W buizen aan boord.

- Prijzen:
  EUR 150,00 tot EUR 300,00

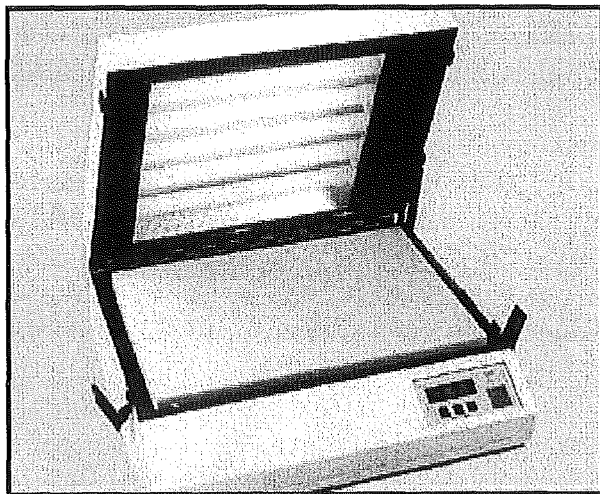
**Enkelzijdig vacuüm**

De low cost uitvoeringen zijn écht niet bruikbaar voor het belichten van printen waar printspoortjes van 0,2 mm breedte op voorkomen. Dan moet u absoluut overschakelen op belichtingskasten die vacuüm worden gezogen. De constructie is in wezen identiek, alleen is het deksel voorzien van een rubber rand die er voor zorgt dat het apparaat vacuüm kan worden gezogen en vacuüm blijft.

Wél is het zo dat in de meeste gevallen de UV-buizen nu in het deksel zitten, zie figuur 3/8.3.18-7, en de onderkast de luchtpomp bevat. Het gevolg van het luchtledig zuigen van de kast is dat film en print in perfect contact met elkaar komen en alle luchtbelletjes worden weggezogen. Ook de dunste printspoortjes worden keurig op de print belicht. Na het belichten wordt een kraantje geopend waardoor het vacuüm wordt opgeheven en u de kast weer kunt openen. Deze vacuüm-kasten zijn in diverse maten in de handel, maar het zal duidelijk zijn dat er een aardig prijskaartje aan hangt.

- Prijzen:
  EUR 500,00 tot EUR 1.000,00

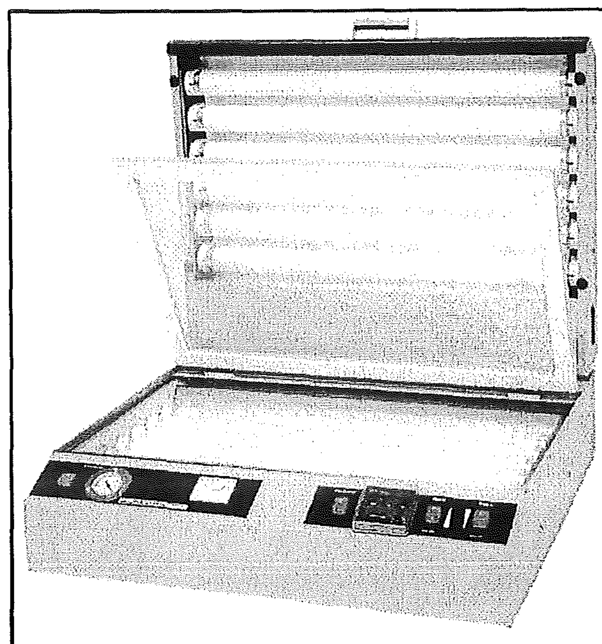
**8.3 Van schema tot kant en klare print**



**Figuur 3/8.3.18-7:** Een voorbeeld van een enkelzijdig werkende vacuüm belichtingskast met digitale timer.

**Dubbelzijdig vacuüm**
Deze zeer professionele belichtingskasten zijn bedoeld voor het belichten van dubbelzijdige printplaten.
Een typisch voorbeeld is de Hellas kast, zie figuur 3/8.3.18-8. Dit is een groot-formaat belichtingsapparaat voor het snel en accuraat belichten van fotogevoelige film-, print- en frontplaatmaterialen. Het apparaat heeft een zeer solide metalen behuizing, is voorzien van een snel werkend vacuümsysteem en geeft door de dicht bij elkaar geplaatste UV TL-buizen een uitstekende lichtspreiding. Bij deze uitvoering kunnen onder- en bovenlicht tegelijk of afzonderlijk worden ingeschakeld. Na het vacuüm zuigen van het apparaat wordt de timer automatisch ingeschakeld en begint de belichtingsfase. Deze digitale timer zorgt voor het automatisch stoppen van de belichting bij het bereiken van de ingestelde belichtingstijd. Verder is de Hellas voorzien van een vacuümmeter, alsmede een lichtintensiteitmeter die de conditie van de lampen aangeeft.

Het maximale belichtingsformaat bedraagt 57 cm bij 30 cm, de digitale timer is instelbaar van 1 s tot en met 99 m, de belichting wordt verzorgd door 2 x 6 stuks TL-buizen van 20 W.
- Prijzen:
  Hellas dubbelzijdige exposure unit:
  EUR 1.765,20

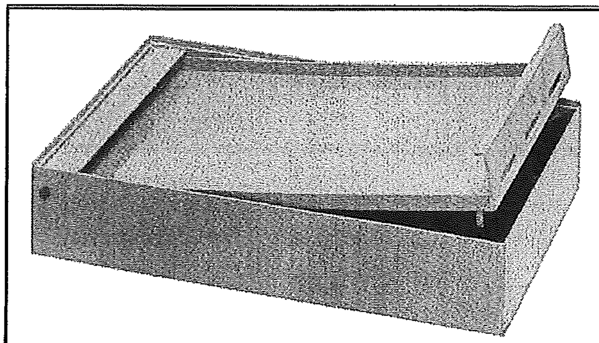


**Figuur 3/8.3.18-8:** Het allerbeste dat te koop is: een vacuüm te zuigen dubbelzijdige belichtingskast.

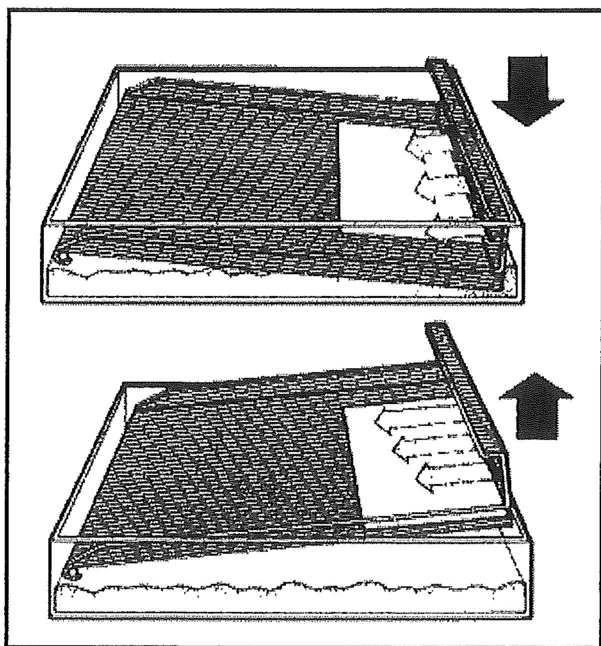
# De print ontwikkelen

**Fotoschaal?**
Voor het ontwikkelen van een print gebruikte u tot nu toe waarschijnlijk een fotoschaal, die inderdaad goed bruikbaar is. De schaal vullen met ontwikkelaar, de print er met de fotogevoelige zijde naar boven inleggen en zachtjes schommelen. U ziet het beeld langzaam maar zeker ontstaan, daardat het belichte deel van de fotogevoelige laag wordt opgelost door de

onwikkelaar. Af en toe de print zachtjes strelen met een zachtharen borsteltje kan helpen om het proces te versnellen en onder controle te houden.



**Figuur 3/8.3.18-9:** Een speciale ontwikkelschaal voor fotogevoelige print.



**Figuur 3/8.3.18-10:** Het werken met de Bungard ontwikkelschaal.

### Bungard ontwikkelschalen

Maar er bestaan ook speciale ontwikkelschalen voor printplaten.
Deze door Bungard in de handel gebrachte schalen zijn een economisch en handig hulpmiddel voor het nauwkeurig ontwikkelen van de belichte printplaten. De schalen zijn vervaardigd van gelast grijs PVC en voorzien van een beweegbare binnenschaal, alsmede een deksel, zie figuur 3/8.3.18-9. Het voordeel van de binnenschaal is, dat de te ontwikkelen printen in de vloeistof kunnen worden bewogen zonder ze met de hand aan te hoeven raken. Tevens kan men het stadium van ontwikkeling goed in de gaten houden wanneer men de binnenschaal omhoog beweegt, ook als de ontwikkelvloeistof donkerder van kleur wordt, zoals te zien is in figuur 3/8.3.18-10.
Na gebruik sluit men de schaal af met het deksel, zodat de vloeistof langer goed blijft. Alleen wanneer de ontwikkelaar langere tijd niet wordt gebruikt is het aan te raden de ontwikkelaar terug te gieten in een afsluitbare plastic fles.
De Bungard schalen zijn leverbaar in twee afmetingen, waarvan de kleinste, type EG 01, in de meeste gevallen reeds groot genoeg is (23 x 32 x 10 $cm^3$). De vulhoeveelheid is circa 2,5 liter. Voor grotere printplaten is een grotere schaal, type EG 02, leverbaar (49 x 35 x 10 $cm^3$) met een vulhoeveelheid van circa 6,5 liter.

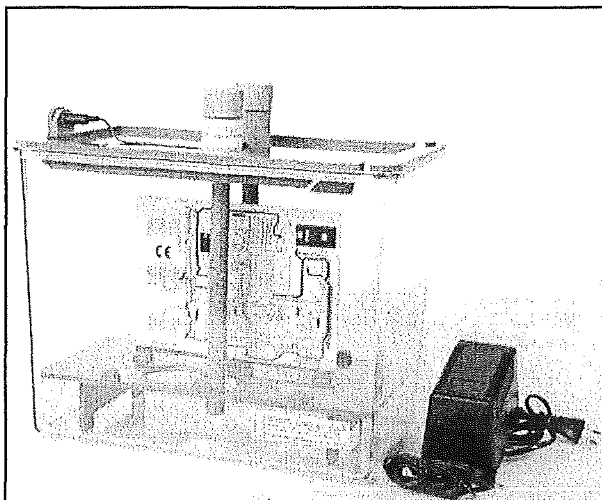
- Prijs:
  ontwikkelschaal EG01: EUR 131,60
  ontwikkelschaal EG02: EUR 179,70

# De print etsen

### Inleiding

In principe kan men een print etsen in een fotoschaal, maar ideaal is dat absoluut niet. De etsvloeistof wordt, zelfs bij voortdurend kiepen van de schaal, toch niet voldoende gecirculeerd rond het koper van de print. Bovendien ontstaat door het kiepen van de schaal een bepaalde, specifieke turbulente stroming in de vloeistof,

waardoor de print niet egaal wordt geëtst maar smalle oppervlakken tussen de printbanen veel eerder geëtst zijn dan grote vlakken. Het risico is groot dat dit tot gevolg heeft dat er onderetsing onder smalle sporen optreedt. Zeker als men printen met dunne kopersporen moet etsen is het aan te bevelen gebruik te maken van een professionele etsmachine. Het woord "machine" klinkt duur, maar in de praktijk valt dit wél mee.
Er zijn tientallen etsbakken en -machines in de handel en wij beperken ons tot een korte bespreking van een paar typen die door MDA Elektronica worden geleverd.



**Figuur 3/8.3.18-11:** De super sproei etsers die door MDA Elektronica worden geleverd.

**De super sproei etsers MK2, EZ en DZ**
Deze drie modellen staan aan de low cost kant van het aanbod en bestaan uit een transparante etsbak waarin de print wordt opgehangen. Via een laagspanningspomp wordt de etsvloeistof rondgepompt. In de etsbak zijn een of twee speciale sproeistaven opgesteld die de etsvloeistof over het oppervlak van de print sproeien. Tijdens het etsproces is de bak geheel gesloten op een kleine snoerdoorvoer opening na voor de optionele verwarming. Voor deze verwarming is een speciaal element van 230 V bij 30 W leverbaar. De etstijd bedraagt bij nieuw etsmiddel enkele minuten. De apparaten zijn beveiligd tegen per ongeluk openen tijdens het etsproces. Deze apparaten zijn zeer geschikt voor scholen omdat het etsproces zichtbaar is, zie figuur 3/8.3.18-11.

**Model MK2**
Dit is een enkelzijdige etsmachine met een etsbak van 36 x 21,5 x 22 $cm^3$ (L x B x H). Het sproeimechanisme werkt op 4,5 V tot 7,5 V gelijkspanning en verbruikt ongeveer 1 A. De etsbak kan maximaal vier eurokaarten van 16 x 10 $cm^2$ bevatten. Er moet ongeveer twee liter etsmiddel worden gebruikt.
- Prijs:
  SuperSproei Etser MK2: EUR 245,00

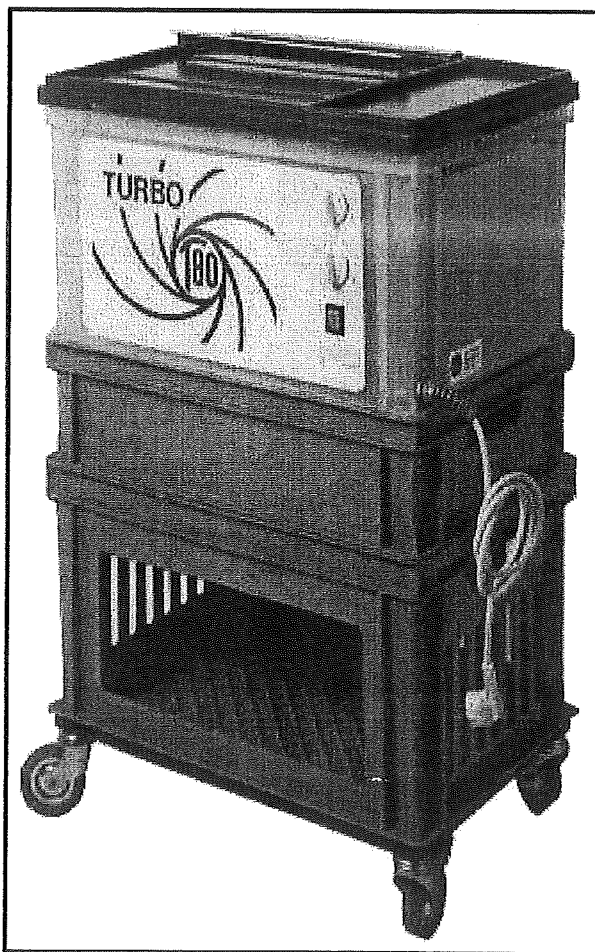
**Model EZ**
Ook dit is een enkelzijdige etsmachine, maar met als afmetingen 40 x 23 x 29 $cm^3$ (L x B x H). Het sproeimechanisme werkt op 6 V bij 1,5 A gelijkspanning.
De capaciteit bedraagt maximaal twee dubbel eurokaartformaat printen (233,4 x 160 $mm^2$) en twee printen van 17 x 16 $cm^2$. De bak wordt gevuld met 3,5 liter etsmiddel.
- Prijs:
  TurboSproei Etser EZ: EUR 331,30

**Model DZ**
Dit is de dubbelzijdige etsmachine uit deze familie. De maat van de etsbak bedraagt 40 x 23 x 29 $cm^3$ (L x B x H). Het sproeimechanisme werkt op 6 V gelijkspanning en verbruikt 2,5 A.
De capaciteit is maximaal vier dubbel eurokaartformaat printen enkelzijdig of maximaal één dubbel eurokaartprint

dubbelzijdig en 2 dubbel eurokaart formaat enkelzijdig. Ook deze bak wordt gevuld met 3,5 liter etsmiddel.
- Prijs:
  TurboSproei Etser DZ: EUR 417,50

**De Turbo T80**
De Turbo T80 is een milieuvriendelijke etsmachine en ziet er al heel wat professioneler uit, zie figuur 3/8.3.18-12, dan de vorige apparaten. Maar daar hangt wél een fors prijskaartje aan!
Hoe dan ook, de fabrikant prijst dit apparaat aan als een zéér revolutionair ontwerp met als grote voordelen:
- geen afgewerkt etsmiddel meer;
- geen verontreinigd spoelwater meer.

Met dit "Ei van Columbus" slaat u twee vliegen in één klap: verlost van het vervelende en kostbare afvoeren van afgewerkt etsmiddel en tevens geen problemen meer met verontreinigd spoelwater. Tijdens het etsen wordt het opgeloste koper namelijk door middel van elektrolyse weer teruggewonnen uit de alkalische etsvloeistof, waardoor het etsend vermogen van de vloeistof continu behouden blijft. Het vrijwel zuivere koper slaat neer op de kathodeplaat en kan, na van verloop van tijd, vrij gemakkelijk weer van de plaat worden "afgepeld". In het spoelcompartiment bevinden zich een aantal zogenaamde "de-ionisatiekassettes" die de tijdens het spoelen van de printen opgeloste etsmiddel- en koperresten weer uit het water verwijderen. Deze kassettes raken na verloop van tijd uiteraard verzadigd en moeten dan worden vervangen door nieuwe. De oude kassettes kunt u echter weer bij de leverancier inleveren en laten recyclen, waarna ze weer opnieuw kunnen worden gebruikt.
De Turbo T80 is met name bedoeld voor het snel achter elkaar etsen van kleine series. De machine is zeer compact van afmetingen, verrijdbaar en heeft niets anders nodig dan een 230 V aansluiting. De machine wordt geleverd zoals afgebeeld op de foto, kompleet met printraam, 6 kg alkalisch etsmiddel (korrelvorm), digitale Ph-waarde meter, vijf de-ionisatiekassettes alsmede een kunststof koffertje waarin de kassettes per twee stuks kunnen worden verzonden. Het maximaal etsformaat bedraagt 210 x 300 mm (dubbelzijdig).
- Prijs:
  Turbo T80 plus accessoires:
  EUR 4.061,30



**Figuur 3/8.3.18-12:** De Turbo T80 is een dure, maar milieuvriendelijke etsmachine.

# Over printboren en printfrezen

## Boren en freesen

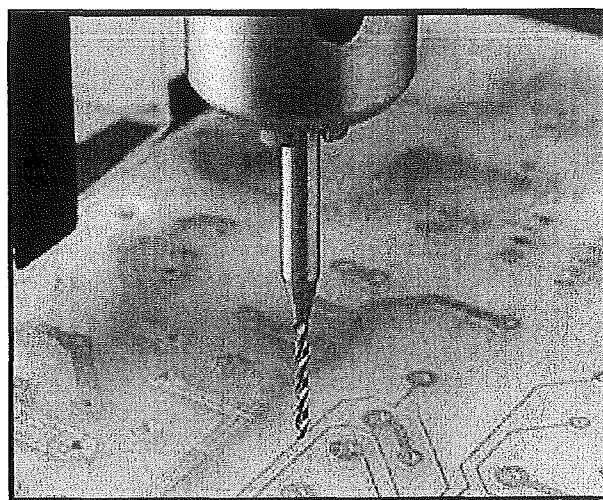
Als u uw printen boort met normale spiraalboortjes in een normale boormachine zult u vaststellen dat er rond ieder gaatje een braam ontstaat. Weliswaar kunt u deze braampjes natuurlijk gemakkelijk wegschuren met fijn schuurpapier, maar soms heeft dit tot gevolg dat er nauwelijks koper overblijft rond een geboord gaatje. Printen boren op de geschetste manier voldoet op twee punten niet aan de noodzakelijke voorwaarden:

- het toerental van een normale boormachine is te laag;
- normale spiraalboren zijn niet hard genoeg.

Epoxy is namelijk een zeer hard materiaal, dat alleen goed geboord kan worden door gebruik te maken van speciale printboren en speciale printboormachines. Normale spiraalboren worden snel bot, waardoor er extra wrijving ontstaat en het epoxy zelfs kan verbranden rond het gat. Het gevolg is dat de lijmlaag waarmee het koper op het epoxy is geplakt loslaat.

## Hawera printboortjes

Printboortjes zijn gemaakt van speciaal hardmetaal en bijgevolg zéér duur en zéér kwetsbaar, maar toch is het om hogergenoemde redenen absoluut aan te raden om er gebruik van te maken. Een extra voordeel van printboortjes is dat zij leverbaar zijn in de diameters die bij het boren van een print aan de orde komen: oplopend in diameter met een stap van 0,1 mm. In figuur 3/8.3.18-13 is een typisch printboortje voorgesteld. De schacht is meestal 1/8 inch (3,175 mm) dik, zodat deze zonder probleem in de kop van een willekeurige machine kan worden opgenomen.



**Figuur 3/8.3.18-13:** Een typisch printboortje.

Hawera is een van de bekendste fabrikanten van hardmetalen printboortjes. De leverbare diameters zijn 0,3 mm, 0,45 mm, 0,5 mm, 1,5 mm en 1,55 mm, zie figuur 3/8.3.18-14.

- Prijs:
  Hawera printboortjes <2,0 mm:
  EUR 3,70

Daarnaast levert dezelfde fabrikant ook grotere diameters, bijvoorbeeld voor het boren van bevestigingsgaten.

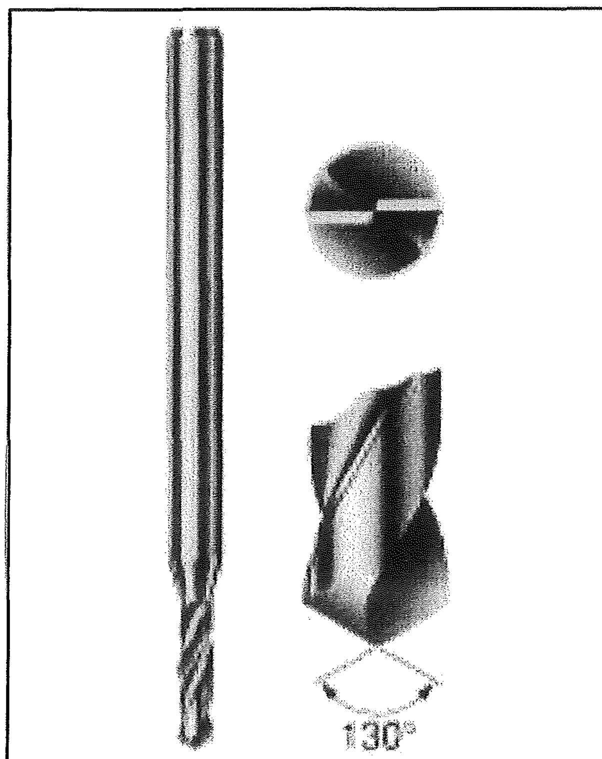
- Prijs:
  Hawera printboren >3,0 mm:
  EUR 10,60 tot EUR 11,80

## Hawera sleufboor 546

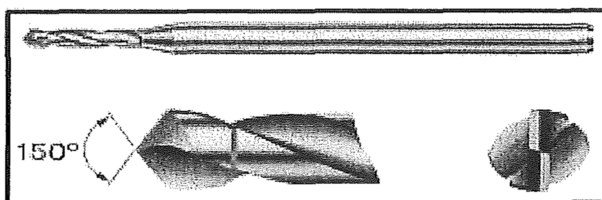
Deze speciale boor van het type 546 werd ontwikkeld voor het boren van sleuven in printen, waarbij de gaten elkaar overlappen, zie figuur 3/8.3.18-15. De hiervoor benodigde weerstand tegen zijdelingse belasting maakt deze boor minder gevoelig voor breuk en dus ook geschikt voor gebruik in het technisch onderwijs en op

andere plaatsen waar sterke en tegelijkertijd lang scherp blijvende printboren gewenst zijn.

- Prijs:
  Hawera sleufboor 546: EUR 4,50




Figuur 3/8.3.18-14: Hawera printboortjes.




Figuur 3/8.3.18-15: De speciale Hawera sleufboor is niet alleen geschikt voor het frezen van gleuven, maar kan ook voor het normale boorwerk worden gebruikt.

### Afstandsringen

Alle boren en frezen met een schacht van 1/8 inch en een maximale boordiameter van 3,175 mm kunnen worden voorzien van een gekleurde afstandsring. Dit is handig bij gebruik in boor- en freesmachines. De afstandsring zorgt er namelijk voor dat de boor/frees altijd op dezelfde diepte in de boor- of freeskop geplaatst wordt. Bovendien geeft de kleur van de ring een duidelijke maatindicatie voor de boordiameter, zodat vergissen niet meer mogelijk is. Omdat het ondoenlijk is om voor elke diameter een andere kleur te gebruiken worden er vijf kleuren gebruikt die steeds terugkeren in stappen van 0,5 mm. Zo staat groen voor 0,5 mm, maar ook voor 1,0 mm en 1,5 mm.

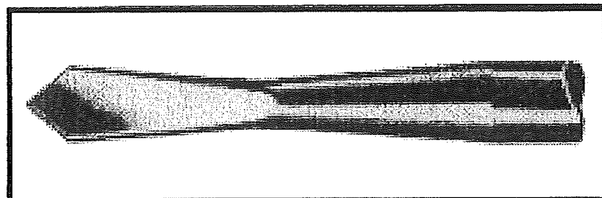
De kleurcodering van deze ringen is als volgt:

- groen:
  0,5 mm + 1,0 mm + 1,5 mm
- bruin:
  0,6 mm + 1,1 mm + 1,6 mm
- geel:
  0,7 mm + 1,2 mm + 1,7 mm
- oranje:
  0,8 mm + 1,3 mm + 1,8 mm
- grijs:
  0,9 mm + 1,4 mm + 1,9 mm

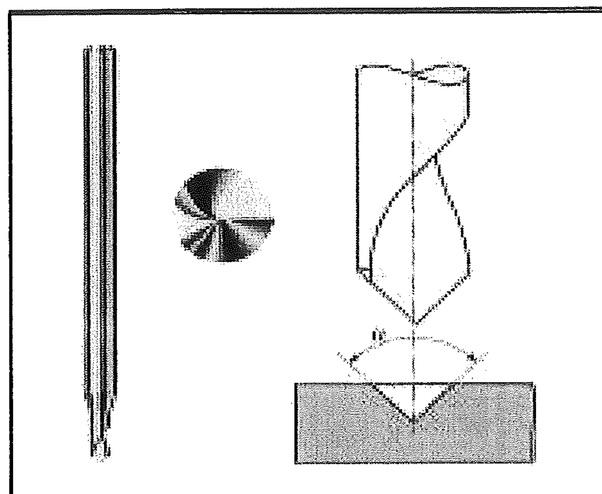
### Meisinger "lepelboren"

De Meisinger HM202 "lepelboor" heeft een hardstalen (HSS) kern en een hardmetalen ommanteling, waardoor deze boor niet alleen lang scherp blijft, maar ook beduidend minder snel breekt. Hierdoor is deze boor zeer geschikt voor toepassing in bijvoorbeeld het technisch onderwijs en op andere plaatsen waar de gewone printboren te snel sneuvelen. Het prijsverschil met de normale printboren is op deze manier snel terugverdiend. Deze boren zijn leverbaar in diameters van 0,6 mm, 0,7 mm, 0,8 mm, 0,9 mm, 1,0 mm, 1,1 mm, 1,2 mm, 1,3 mm en 1,4 mm. De diameter van de schacht bedraagt 2,35 mm.

- Prijs:
  Meisinger lepelboor: EUR 5,60



Figuur 3/8.3.18-16: De Meisinger leperboor, een goed maar duurder alternatief voor de normale printboortjes.



Figuur 3/8.3.18-17: De speciale graveerfrees van Hawera.

**Hawera graveerfrees 846**

Voor het freesen van smalle gleuven in printmateriaal brengt Hawera een speciale frees op de markt onder typenummer 846, zie figuur 3/8.3.18-17. Dit is een tapse frees met een 30° snijhoek en met één snijzijde, speciaal geschikt voor het infrezen van printplaten of het graveren van frontplaten. Deze frees kan bijvoorbeeld worden gebruikt voor het "ritzen" (V-cut) van printen, maar is daarnaast bij uitstek geschikt voor het "isolatie-frezen" van prototypen op een CNC-gestuurde boor- en freesautomaat. Door de zeer spitse punt is het mogelijk met deze frees tussenruimten van 0,2 mm in een koperlaag van 35 micron uit te frezen.

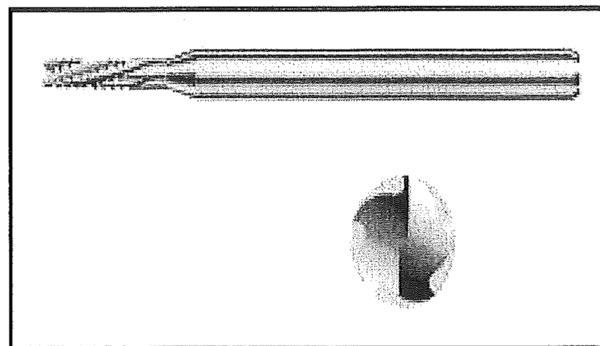
Er zijn twee typen leverbaar, een met een superscherpe punt voor het frezen van zeer fijne isolatiepatronen en een met een afgevlakte punt met een veel langere levensduur maar alleen geschikt voor bredere isolatiepatronen.

- Prijs:
  Hawera hardmetalen frezen: EUR 8,00

**Hawera zwaluwstaart frees 726**

Met deze iets bredere frees met als typenummer 726 kunt u uitstekend isolatiefrezen, boren en kleine printplaten uit één grote master snijden. Een van de nadelen van isolatie-frezen is dat het solderen wat lastiger is, omdat de isolatiekanaaltjes tussen twee belendende printsporen vaak erg smal zijn en er daardoor gemakkelijk een soldeerbrug gevormd kan worden. De HW726/0,8 is uitstekend geschikt om iets bredere kanaaltjes te frezen, voor zover het printontwerp zich daartoe leent, uiteraard. Voor het losfreezen van printen uit een grote master is de HW726/1,5 uitermate geschikt.

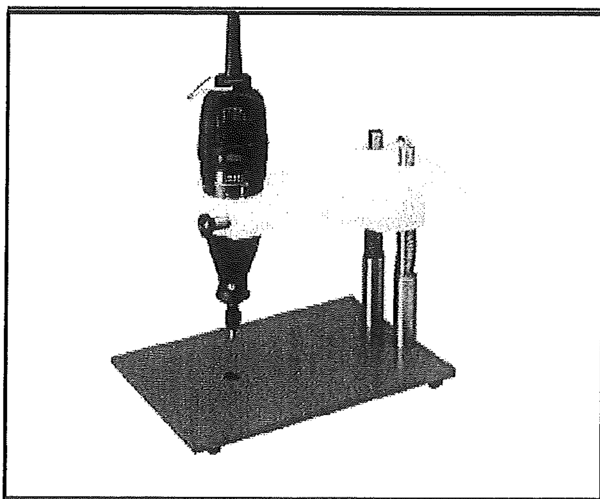
- Prijs:
  Hawera zwaluwstaart frees: EUR 4,50



Figuur 3/8.3.18-18: De Hawera zwaluwstaart frees is geschikt voor het frezen van bredere isolatiekanaaltjes op een print.

# Printboormachines

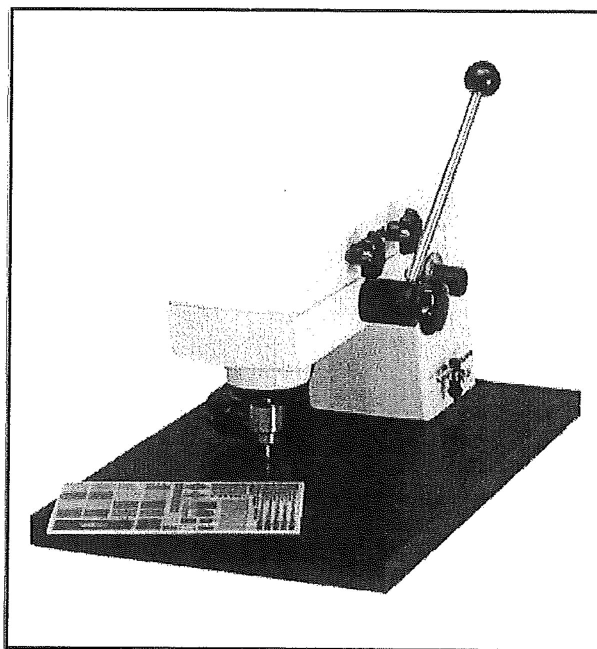
**Inleiding**
Hoewel er erg veel verschillende typen printboormachines in de handel zijn hebben zij allemaal één eigenschap gemeen: het zeer hoge toerental. Toerentallen van 20.000 omwentelingen per minuut zijn eerder regel dan uitzondering. Alleen met deze hoge toerentallen komen de uitstekende eigenschappen van de speciale printboren en -frezen tot hun recht. Het zal duidelijk zijn dat deze extreem hoge toerentallen nogal wat eisen stellen aan de lagering van de elektromotor. Hoewel er best wel goedkope printboormachientjes worden aangeboden, zie bijvoorbeeld figuur 3/8.3.18-19, raden wij u de aanschaf van dergelijke apparaatjes ten stelligste af, tenzij u maar af en toe een printje moet boren.



**Figuur 3/8.3.18-19:** Een low cost printboormachientje.

Maar nu het betere werk!

**De Techno 001**
De Techno 001 is een robuust uitgevoerde printboormachine voor het boren van prototypen en kleine serie printplaten. Door haar constructie en duurzaamheid is deze machine onder meer zeer geschikt voor technische scholen, zie figuur 3/8.3.18-20.



**Figuur 3/8.3.18-20:** De Techno 001 printboormachine.

De machine is voorzien van een zeer grote onderplaat van 395 mm bij 245 mm, zodat ook grote printplaten stabiel op de ondergrond blijven liggen. Dank zij deze grote plaat bedraagt de maximaal te boren printbreedte 350 mm. Het toerental is traploos instelbaar tussen 8.000 en 20.000 omwentelingen per minuut. Het apparaat is voorzien van een snelspantang die zonder boorsleutel is te bedienen en geschikt is voor boorschachten van 0,5 mm tot 3,2 mm. De boormachine heeft een instelbare boorslag: de boven- en ondergrens van de op- en neerbeweging zijn instelbaar, zodat een zo gunstig mogelijke boorslag kan worden gekozen. De bedieningshandle is instelbaar, deze kan in hoogte worden versteld en vastgezet. Uniek is een

afzuigbuis voor de boorspaan afzuiging, deze kan worden aangesloten op een stofzuiger of centraal afzuigsysteem. Tot slot is een 6 V / 1,5 W boorspot verlichting aanwezig voor een beter zicht op het te boren eiland. Het apparaat wordt aangedreven door een gelijkspanningsmotor met een vermogen van 130 W.

- Prijs:
  Techno 001 printboormachine:
  EUR 1.225,18




**Figuur 3/8.3.18-21:** De Variodrill printboormachine.

**De Variodrill boormachine**
De vraag naar machines met een optimaal bedieningscomfort naast hoge kwaliteit heeft geleid tot dit ontwerp. Het boren gebeurt vanaf de onderzijde van de print, de boor wordt elektromechanisch bediend door middel van een voetpedaal. De grote loupe met centreer mechanisme zorgt voor een preciese boorpositionering, zie figuur 3/8.3.18-21.
De maximale uitlading bedraagt 115 mm, zodat men printen met een maximale breedte van 230 mm kan boren. Het toerental is regelbaar tussen 10.000 en 30.000 omwentelingen per minuut.

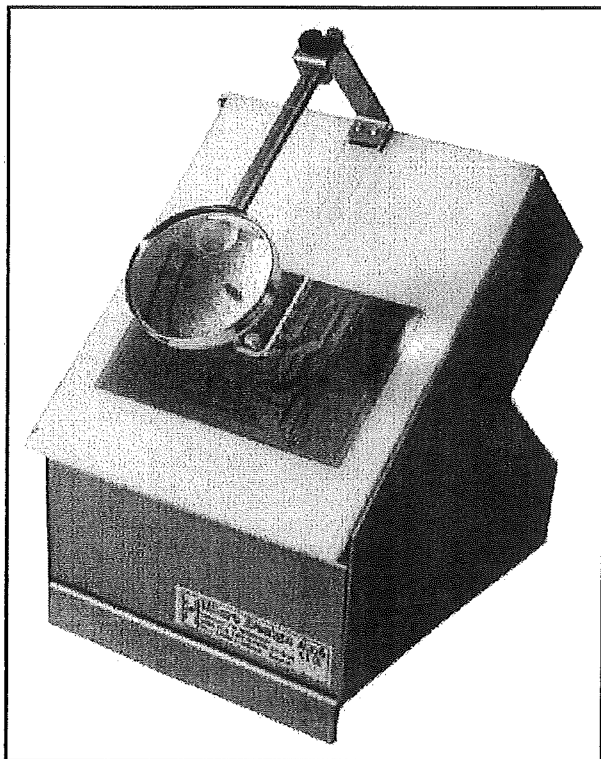
- Prijs:
  Variodrill: EUR 1.587,30

**De MDA Drill printboormachine**
Een verdere professionalisering van het principe "boren vanaf de onderzijde van de print" treft u aan in de MDA Drill. Deze machine is ontworpen om de onderstaande praktische problemen die standaard optreden bij traditionele boormachines op te lossen:

- De boormachine belemmert u het zicht op de print waardoor u genoodzaakt bent om altijd onder een hoek naar de print te kijken, waardoor het precies uitrichten van de boor lastig wordt.
- U kunt maar één hand gebruiken om de print vast te houden, de ander is nodig om de boor te bedienen. De print blijft dan ook niet altijd goed aangedrukt.
- Hardmetalen boortjes breken snel doordat de print soms mee omhoog getrokken wordt tijdens het opkomen van de boor.

Met de ontwikkeling van de MDA Drill zijn deze problemen volledig opgelost. Deze printboormachine werkt namelijk volgens een uniek concept waardoor u printplaten gemakkelijker en nauwkeuriger kan boren dan voorheen, zie figuur 3/8.3.18-22.

**8.3 Van schema tot kant en klare print**



**Figuur 3/8.3.18-22:** De MDA Drill is ontworpen om alle voorkomende praktische bezwaren van normale boormachines op te lossen.

- De boormachine kan het zicht niet belemmeren, de boortafel staat namelijk onder een hoek en hierachter is de machine geplaatst. Met behulp van een loupe en een centreerpunt kunt u de eilanden exact plaatsen voor het boren. U kijkt dus recht op de te boren print.
- Er is geen boorhendel, u hebt twee handen vrij om de print vast te houden, u drukt eenvoudig op de print waardoor deze op de boortafel fixeert en het gat geboord wordt!
- Omdat geboord wordt vanaf de achterzijde, kan de print ook nooit meer mee terug getrokken worden met de boor. Het breken van hardmetalen boortjes behoort tot het verleden in deze situatie.
- Prijs:
  MDA Drill: EUR 669,30

# Doormetaliseren

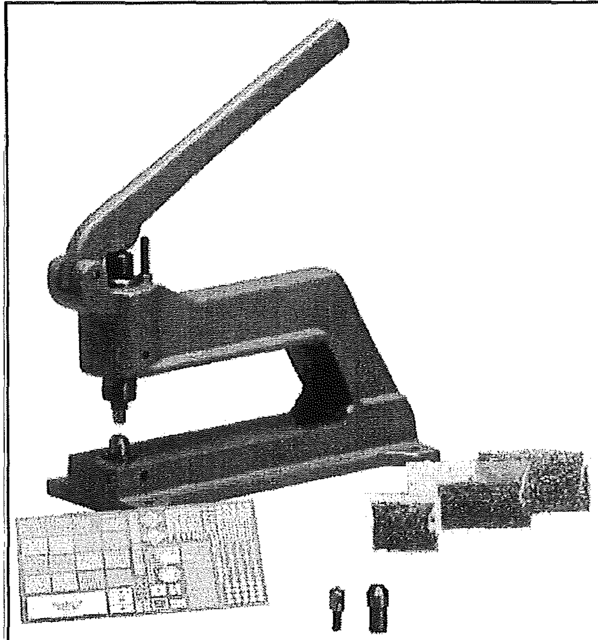
**Inleiding**

Vroeger gebeurde het hoogst zelden dat er behoefte was aan een dubbelzijdig printontwerp. Daar waar de ontwerper vastliep, werden draadbruggetjes ingevoerd. Met de toenemende complexiteit van IC's en hun behuizingen is de noodzaak van een dubbelzijdige print eerder regel dan uitzondering. Voor het belichten, etsen en boren is dit geen ramp. De problemen beginnen pas als de noodzaak ontstaat printgaatjes door te metaliseren. De in de industrie toegepaste galvanische methode is absoluut niet bruikbaar in het kleine circuit. Veel te veel productiestappen, veel te veel geknoei met chemicaliën. Gelukkig bestaat er nu een speciale doormetaliseringspers die dit probleem elegant oplost.

**De Favorit doormetaliseerpers**

Voor prototypen en kleine series is er nu de Favorit doormetaliseerpers, zie figuur 3/8.3.18-23. Deze machine werkt met speciale heel kleine klinknageltjes (rivits) die in het door te metaliseren gat worden geperst. Deze nageltjes zijn uiteraard voorzien van een klein centraal gaatje, zodat u de pin of draad van een onderdeel hier doorheen kunt steken en vast solderen. Het boorgat moet echter wél 0.2 mm groter geboord worden. Na het persen is het niet eens nodig om beide zijden van het klinknageltje vast te solderen. Het rivitje pers zich muurvast in het koper van de printplaat en zorgt voor voldoende contact.

**8.3 Van schema tot kant en klare print**



**Figuur 3/8.3.18-23:** De Favorit doormetaliseringspers perst kleine holnietjes (rivits) door de printgaatjes.

De Favorit heeft voor elke maat rivit een speciale perskop die eenvoudig te verwisselen is. Hierdoor ontstaat een perfect flensrandje dat nauwelijks zichtbaar is. De rivits zijn verkrijgbaar met een gatmaat van 0,4 mm, 0,6 mm, 0,8 mm, 1,0 mm, 1,2 mm en 1,5 mm. Standaard wordt de machine geleverd met één perskop (tool) naar keuze en 1.000 bijbehorende rivits.

- Prijs:
  Favorit doormetaliseerpers:
  EUR 328,10
  Extra tool 0,6 mm - 1,5 mm: EUR 67,60
  Favorit rivits 0,6 mm - 1,5 mm:
  EUR 24,50 (1.000 stuks)

# De print afwerken

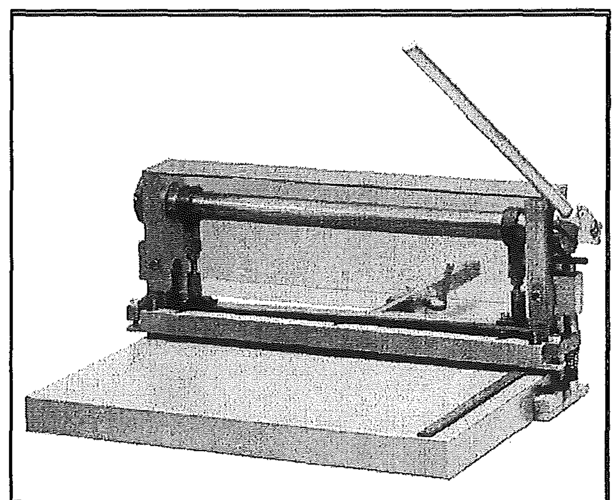
### Inleiding

Wat is deze paragraaf wordt besproken is in feite absolute luxe. Niet noodzakelijk, maar wel érg handig om te hebben!

### Printschaar NE 530

Als u serie kleine printen moet maken zult u deze waarschijnlijk in één keer etsen op een grote print. Met de beschreven diazofilm kunt u immers in een paar minuten mooie "dochters" van het "moeder"-ontwerp maken en deze met plakband tot één groot ontwerp samenvoegen. Na het boren moet u de printjes natuurlijk uit de grote print zagen. Dat kan men een metaalzaagje, maar met een guillotineschaar gaat het sneller en netter.

De NE 530, zie figuur 3/8.3.18-24, is een tafelmodel guillotineschaar met groot werkblad voor het makkelijk manoeuvreren van de te knippen platen. Door de speciaal geharde messen is deze schaar geschikt voor het knippen van epoxy printmateriaal met een maximale plaatdikte van 3 millimeter. Tevens kunnen materialen als aluminium (tot 2 mm) en staal (tot 1 mm) zonder problemen worden geknipt. Met een knipbreedte van 530 mm kunnen de gangbare plaatformaten van fotogevoelig printmateriaal worden verwerkt.



**Figuur 3/8.3.18-24:** De printschaar NE 530.

De schaar heeft een nauwkeurige zij- en een instelbare achteraanslag waardoor

kniptoleranties van 0,1 mm. kunnen worden bereikt. Een doeltreffende aandrukbalk voorkomt het verschuiven van de te knippen plaat. Een doordachte mechanische overbrenging van de hefboom op de messen maken het knippen met deze schaar tot een ontspannen werkje waarbij lichaamskracht nauwelijks noodzakelijk is.

- Prijs:
  Printschaar NE 530: EUR 1.395,40

**Vloeibare stripper Shipley 1112A**
Nu de print klaar is moet u de resterende fotolak verwijderen. Deze is immers absoluut niet soldeerbaar. Dat kan met een fijn schuursponsje of met aceton, maar u kunt ook de speciaal hiervoor ontwikkelde reukloze stripper van Shipley gebruiken. Deze moet verdund worden met water in een verhouding van 1 deel stripper op 2,5 delen water.

- Prijs:
  Fles 1 liter: EUR 22,50
  Can 5 liter: EUR 94,80

**Chemisch tin Shipley LT34**
Professionele printen worden tegenwoordig steeds vertind. Het na het strippen vrijgekomen koper van de printbanen is immers binnen niet al te lange tijd bedekt met een laagje koperoxyde, dat het solderen van de print bemoeilijkt. De oude oplossing is het bespuiten van het zuivere koper met SK10 Lötlack. Maar u kunt ook zélf vertinnen, bijvoorbeeld met de Shipley LT34. Met dit product brengt u een dun laagje tin aan op het koperen sporenpatroon. U heeft alleen een bakje nodig om de print in te kunnen dompelen. Na het vertinnen heeft u géén last meer van slecht uitvloeiende soldeer!

- Prijs:
  Fles 1 liter: EUR 42,60

**Green Coating beschermlak**
Professionele printen zijn steeds voorzien van een soldeermasker. Een groen goedje met alleen uitsparingen waar u moet solderen. Het masker verhindert soldeerbruggen omdat de tin er niet op pakt. Met de Green Coating geeft u uw printen deze professionele uitstraling en zorgt u tevens voor bescherming tegen corrosie.
U kunt dit product op verschillende manieren gebruiken:

- U soldeert eerst alle onderdelen op de print waarna u deze inspuit met de coating.
- U kunt de print ook vooraf behandelen met de coating, in dat geval is het aan te raden om eerst de print in te spuiten met SK10 Lötlack. U kunt weliswaar gewoon door de Green Coating heen solderen maar met een SK10 onderlaag gaat dit een stuk gemakkelijker. De Green Coating wordt geleverd in bussen van 200 ml en geeft een diepe dekking waardoor u met éénmaal spuiten de print van een mooie transparante groene afdeklak voorziet.
- Prijs:
  200 ml bus: EUR 8,10

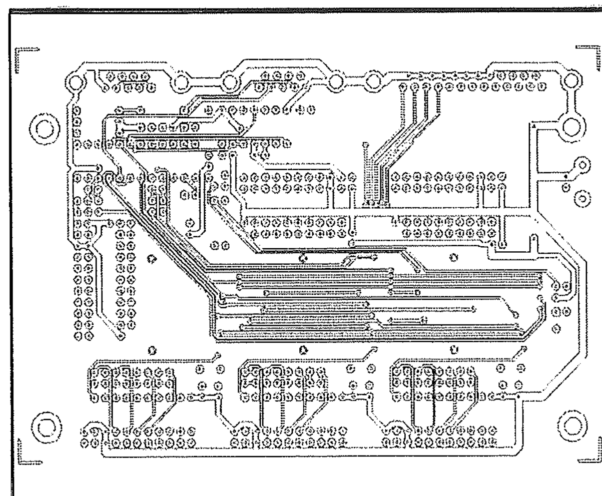
# De chemicaliënloze manier

**Inleiding**
Tegenwoordig bestaat er een geheel andere manier om printen te maken: niet belichten, ontwikkelen, etsen en boren, maar in één bewerking het printpatroon uitfrezen en de gaatjes boren in basismateriaal. Dit procédé wordt "isolatie-frezen" genoemd en het is een ware uitkomst voor scholen en kleine bedrijven. Het enige dat voor deze techniek noodzakelijk is: specia-

le software en een dure machine, CCD-frees genoemd. De eenmalige investeringen verdienen zich echter vrij snel terug onder de vorm van tijdbesparing en minder gedoe. De opmars van isolatie-frezen is niet meer te stoppen, steeds meer scholen en bedrijven besluiten een CCD-machine aan te schaffen. Met zo'n machine kunt u uw printontwerpen mechanisch "etsen". Rond de eilanden en sporen wordt het koper, onder de vorm van een smal isolatie kanaaltje, zeer nauwkeurig weggefreesd. Vervolgens boort de machine de benodigde gaatjes. U hebt dus zeer snel een perfecte print, geboord en al.
Nu is het zo dat de meeste CCD-machines nog steeds onder DOS werken. Onder Windows werken met deze systemen kan niet omdat de CCD-motoren direct vanuit de PC aangestuurd worden. Elke stap die een bepaalde motor moet maken wordt gepulst door de PC. Het te laat arriveren van een puls bij een stappenmotor kan stappenverlies betekenen, dit probleem is in een multitasking systeem zoals Windows niet denkbeeldig. De firma MDA Elektronica heeft echter een speciaal kastje ontwikkeld dat tussen de CCD-frees en de PC wordt geschakeld. In dit kastje wordt door twee microprocessoren de hele besturing van de machine afgehandeld. De PC stuurt één commando naar het kastje, de elektronica werkt de aansturing van de motoren in de CCD-frees zelfstandig af. Het systeem wordt bestuurd met speciale software die onder Windows werkt.

### De voorbereiding

Uiteraard moet u het printontwerp op de PC maken, want het systeem vereist een bepaald bestand, waarin alle gegevens over de layout van de print, de positie van de gaatjes en de boordiameters vermeld zijn. De meeste printontwerp programma's hebben een optie waarmee u het printontwerp als zogenaamd Gerber-bestand kunt exporteren. Dit is een bepaalde standaard, waarmee de software die de CCD-frees aanstuurt, uit de voeten kan. Het reeds eerder besproken programma "Sprint Layout" kan dergelijke bestanden aanmaken.
Een Gerber-file is echter bedoeld voor het aansturen van een automatische CNC-boormachine en niet voor het aansturen van een isolatie-frees. Vandaar dat een "vertaalslag" noodzakelijk is, waarvoor extra software toegepast moet worden. Deze software maakt een "isolatie-frees bestand" dat de frees volledig automatisch over de print stuurt en de kopersporen uitfreest, zie figuur 3/8.3.18-25.



**Figuur 3/8.3.18-25:** Het door de speciale software gegenereerd freespatroon voor de print.

### RoutePro 2000

RoutePro 2000 is een door MDA Elektronica ontwikkeld Windows-programma waarmee u een CCD-freesmachine kunt aansturen vanuit een Gerber-bestand.

**8.3 Van schema tot kant en klare print**

RoutePro 2000 combineert alle noodzakelijke boor- en freeswerkzaamheden in één programma en heeft daarnaast unieke functies:
- De boor- en routebestanden kunnen gelijktijdig worden geladen, zodat het printontwerp compleet op het scherm wordt weergegeven. Direct is te zien of de boor- en routedata 1 op 1 op elkaar aansluiten.
- De printpositie ten opzichte van het werkblad van de CCD-frees wordt getoond, valt deze positie buiten het bereik dan wordt hiervan een melding gegeven.
- Alle handelingen zoals schalen, offset-instellingen of veranderingen van tools worden direct zichtbaar op het scherm. Ook kunt u in en uitzoomen op het ontwerp.
- RoutePro bevat 99 door de gebruiker te definiëren boor- en route-tools. Ook zijn er voor zowel de boot- als route-tools extra tabellen opgenomen om bepaalde waarden vast te leggen als default.
- Panelizing: u geeft de maat op van het te gebruiken printmateriaal, de ruimte tussen de printjes en RoutePro 2000 berekent hoeveel printjes van het ontwerp op dit materiaal passen. Nadat u hebt aangegeven hoeveel printjes u daadwerkelijk wilt, worden deze automatisch toegevoegd.
- Teach-in: hiermee kunt u een boorbestand genereren door de CCD-frees handmatig aan te sturen en steeds de gewenste locatie op te slaan. Uiteraard kunt u opgeven welke drill-tool u wilt gebruiken.
- Frezen en boren: tijdens het frezen of boren kunt u op uw scherm de vordering zien die de CCD-frees maakt, het afgelegde traject wordt direct weergegeven op uw scherm. Ook worden de reeds geboorde gaten getoond.
- U kunt de machine tijdelijk onderbreken om bijvoorbeeld een frees te vervangen.
- Selectief frezen en boren: in RoutePro 2000 kunt u via het scherm gedeelten van uw ontwerp selecteren om deze alsnog te frezen of te boren.

RoutePro 2000 wordt geleverd met de aansturingselektronica, die tussen de PC en de CCD-frees wordt opgenomen. De elektronica wordt aangesloten op een van de seriële COM-poorten van de PC.
- Prijs:
  RoutePro 2000: EUR 650,00

**Engraver 2.0**

Naast RoutePro 2000 levert MDA Elektronica Engraver 2.0, een programma dat Gerber-, HPGL- en boorbestanden kan lezen.

De belangrijkste specificaties van dit programma:
- Automatische Gerber- en boorformaat herkenning.
- Automatische vlakvulling.
- Automatische layer-synchronisatie, zeer belangrijk bij het frezen van dubbelzijdige printen.
- Automatische generatie van "fixing holes" bij dubbelzijdige ontwerpen.
- Spiegelen van een laag over de fixing holes.
- Frees-patroon generatie met 1 of 2 tools: met de eerste tool kunt u normaal frezen, met de tweede tool kunt u een extra freeshandeling uitvoeren om de eilanden heen. Dit bevordert de soldeerbaarheid omdat er een bredere isolatie ontstaat.
- Error checking, er wordt getest of de frees geen koper weghaalt waar dat niet kan. Aan het einde van de generatie

wordt duidelijk weergegeven waar eventuele freesproblemen kunnen ontstaan. Deze kunt u dan op dat moment aanpassen.

Ook de Engraver wordt met de noodzakelijke extra hardware, aan te sluiten op een COM-poort, geleverd.

- Prijs:
  Engraver 2.0 Standaard: EUR 859,00

**TechnoRoute CCD-freesmachine**

Technoprint produceert produktie-apparatuur zoals reflow ovens, boormachines en stencilprinters. In samenwerking met MDA Elektronica is een professionele CCD-frees "TechnoRoute" ontwikkeld die, dank zij de relatief lage prijs, het isolatie frezen binnen het bereik van scholen, clubs en kleine bedrijven brengt. Met behulp van de door een programma gegenereerde boor- en freesfiles kan deze machine direct worden aangestuurd. Daarnaast is het mogelijk met behulp van optionele software een "isolatiefrees file" te genereren.

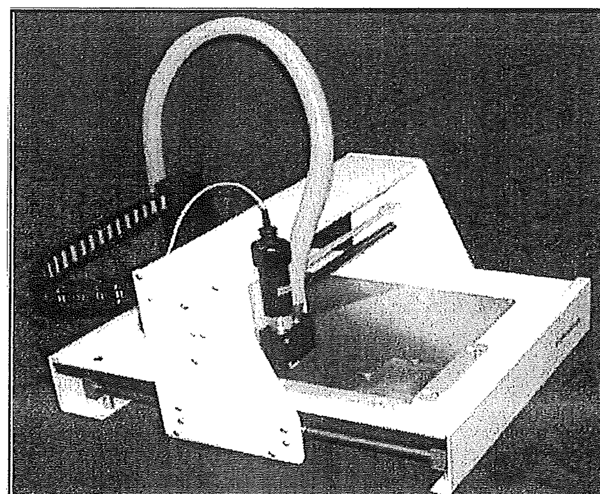
Vervolgens kan daarmee op de machine het sporenpatroon van een enkel- of dubbelzijdige printplaat geheel worden uitgefreesd.

De boorspindel wordt automatisch door de software aangestuurd. Verder zijn de snelheden voor de X, Y en Z stappenmotoren in het menu nauwkeurig in te stellen, waarmee de machine kan worden aangepast aan de uit te voeren bewerking. Een belangrijk gegeven is dat ook de Z-as uitgevoerd is met een stappenmotor zodat de daalsnelheid perfect geregeld en een nauwkeurige freesdiepte verkregen kan worden. Dit zorgt ervoor dat frezen en boortjes langer meegaan. Bij andere merken wordt de Z-as vaak bediend met een elektromagneet, waardoor de frees of boor met een klap op de print komt. TechnoRoute wordt geleverd met Windows-software.

Het inspannen van het materiaal gebeurd met zeer krachtige magneten. De effectieve tafelmaat is 320 x 310 mm.

Het apparaat is voorgesteld in figuur 3/8.3.18-26.

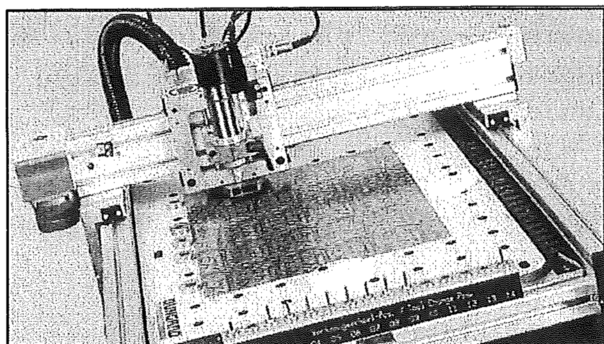
- Prijs:
  TechnoRoute CCD-frees:
  EUR 4.599,00



**Figuur 3/8.3.18-26:** De "TechnoRoute" CCD-freesmachine.

**De Bungard CCD-freesmachine**

De Bungard CCD is een volautomatische, CNC-gestuurde machine voor het boren en frezen van printplaten. Met behulp van de uit een CAD-programma gegenereerde boor- en freesfiles kan deze machine direct worden aangestuurd. Daarnaast is het met behulp van optionele software mogelijk een "isolatie-frees file" te genereren. Vervolgens kan daarmee op de machine het sporenpatroon van een enkel- of dubbelzijdige printplaat geheel worden uitgefreesd. Ook deze machine heeft stappenmotorbesturing voor de drie bewegingsassen van de freesspindel, zie figuur 3/8.3.18-27.



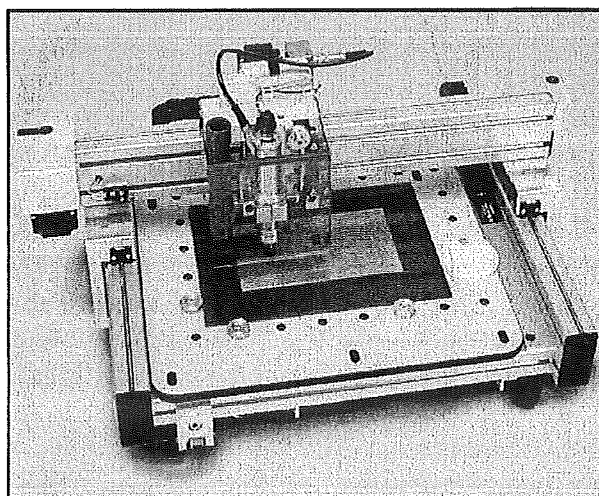
**Figuur 3/8.3.18-27:** De Bungard CCD-freesmachine.

Standaard wordt de Bungard CCD geleverd met gebruikersvriendelijke DOS-software voor boren en frezen, een "teach-in"-module voor het zelf aanmaken van boorfiles, een "step-and-repeat"-functie, voeding- en besturingsmodule in 19 inch rack, een Kavo hoogfrequent-spindel tot 60.000 toeren per minuut, een boorspaan-afzuiging en een RS232-kabel voor aansluiting op uw PC. De machine is tevens leverbaar in een uitvoering met automatische boor/frees-wissel, geschikt voor 15 tools. De effectieve tafelmaat is 325 x 495 mm.

- Prijs:
  CCD 325 x 495: EUR 8.599,10

**De Bungard CCD/2**
De CCD/2 is een kleinere uitvoering van de Bungard CCD. De mogelijkheden van de CCD/2 zijn identiek als die van zijn grotere broer. Er is echter geen mogelijkheid aanwezig om automatisch van frees of boor te wisselen. Standaard wordt de Bungard CCD/2, zie figuur 3/8.3.18-28, geleverd met DOS-software voor boren en frezen, een "teach-in"-module voor het zelf aanmaken van boorfiles, een "step-and-repeat"-functie, voeding- en besturingsmodule, Kavo hoogfrequent-spindel tot 60.000 toeren per minuut, boorspaan-afzuiging en RS232-kabel voor aansluiting op een COM-poort van de PC. De effectieve tafelmaat is 325 x 300 mm.

- Prijs:
  CCD/2 325 x 300: EUR 6.519,00



**Figuur 3/8.3.18-28:** De CCD/2 van Bungard.

# Nadere informatie

De meeste besproken chemicaliën en apparaten worden geleverd door:
MDA Elektronica
Laan 52-54, 8071 JB Nunspeet
Telefoon: 0341-45.29.69
Internet: www.mdaelektronica.nl

# 3/8.3.19

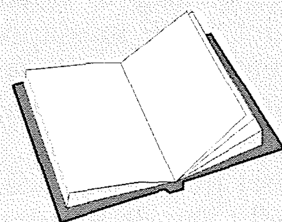
# Printen maken volgens de "isolatiekanaal frees" techniek

## Inleiding

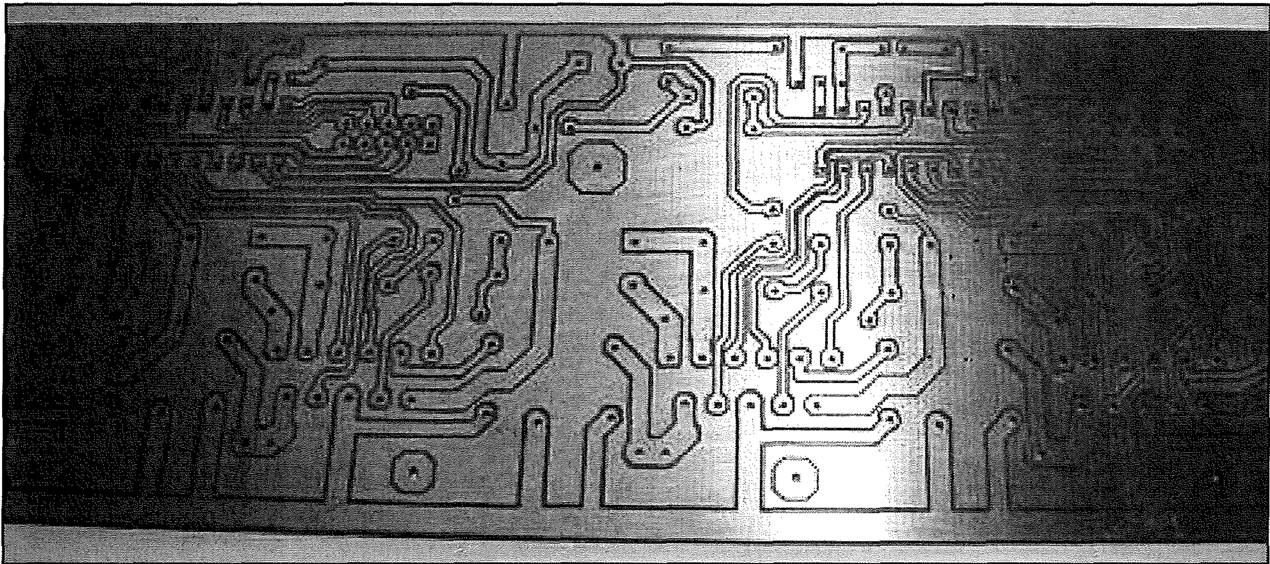
**Milieuvriendelijk alternatief voor etsen**
Een steeds populairder wordend alternatief voor de chemische vervaardiging van printen (etsen) is het frezen van printen. Hierbij wordt met een speciale computergestuurde freesmachine de koperlaag op de print rond de sporen weggefreesd, zodat het koperen sporenpatroon tot slot overblijft. In vaktermen heet dat "frezen van isolatiekanalen" of, in het Engels "isolation milling". Met dezelfde machine kunt u nadien alle printgaatjes boren, zodat na een aantal arbeidsgangen een kant en klare print ter beschikking staat.
De milieutechnische voordelen van dit procédé zijn evident: geen chemicaliën die zijn vervuild met zware metalen of met agressieve natrium ionen. Het afval van het freesprocédé is koperpoeder, dat vaak door de hitte van de frees al tot koperoxide is geoxideerd en een beetje FR-3 basismateriaal van de print, dat natuurlijk ook wordt weggefreesd. In dit afval zitten natuurlijk ook koperatomen, maar het is veel gemakkelijker te verwerken.

**Een voorbeeld**
In figuur 3/8.3.19-1 is een voorbeeld gegeven van een op deze manier gemaakte print. Inderdaad, het resultaat lijkt heel erg op de printen die in "Radio Bulletin" zaliger werden gepubliceerd bij de bouwbeschrijvingen. Overigens had dit in die tijd niets te maken met het milieu, maar alles met een poging zich te onderscheiden van de zware concurrentie van "Elektuur".
In figuur 3/8.3.19-2 ziet u hoe een dergelijke print ontstaat. U spant een ordinaire FR-3 basisprint mét koperlaag in op de stabiele ondergrond van de freesmachine (vier schroefjes ter fixatie volstaan), positioneert de freeskop in zijn nulpositie en start de software op. Met een verbazingwekkende snelheid verplaatst de freeskop zich over uw print en freest alle isolatiekanalen keurig uit.

**LEES OOK:**
**Hoofdstuk 3/8.9.13**



## 8.3 Van schema tot kant en klare print



**Figuur 3/8.3.19-1:** Een voorbeeld van een gefreesde print.



**Figuur 3/8.3.19-2:** Het freesprocédé van de print in actie!

### Beperkingen

Zoals alles heeft ook het freesprocédé zijn beperkingen. Het is een ideale techniek om snel een proefprintje van een schakeling te maken, maar leent zich niet voor massaproductie. Dán is het zeefdrukprocédé nog steeds dé kampioen. Bovendien moet u, bij het ontwerpen van de print, al rekening houden met het freesprocédé. Dat wordt toegelicht aan de hand van figuur 3/8.3.19-3.

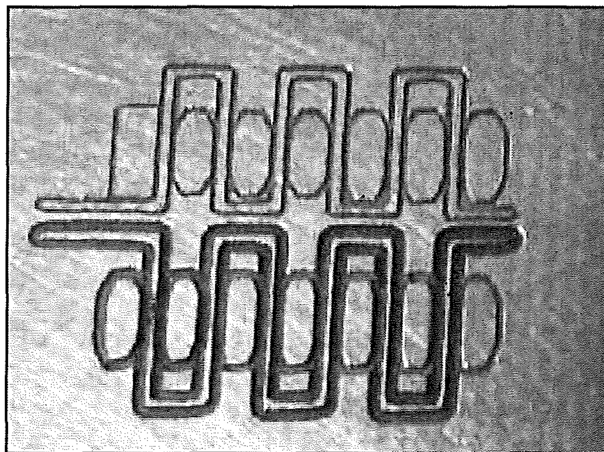
Hier is een printbaantje opzettelijk door alle pennen van een IC "geweven". Tussen die pennen is weinig plaats, maar een spoortje met een dikte van 0,5 mm past er, bij traditionele "natte" productie van de print, zonder problemen tussen. Als u gaat frezen moet u echter rekening houden met de breedte van het freeskanaal. Als u de koperen eilandjes rond de IC-pennen te breed maakt, ontstaat er ruimtegebrek en freest het apparaat het spoortje tussen de pennen weg. Bovendien moet u dus goed nadenken over de maximale breedte die de frees mag hebben.

### Wat heeft u nodig?

Om over te schakelen van "natte" printproductie naar "droge" printproductie heeft u het volgende nodig:

- een speciale frees/boormachine, die aan te sturen is vanuit een PC;
- basismateriaal, bij voorkeur FR-2 of FR-3, en een stel frezen;
- een printontwerp programma, dat export naar de speciale .PLT-bestanden (HPGL) ondersteunt;

**8.3 Van schema tot kant en klare print**



**Figuur 3/8.3.19-3:** Bij het ontwerpen van de print moet u rekening houden met de beperkingen van het freesprocédé: maak de eilandjes rond IC-pennen niet de breed, de kans bestaat dat de frees printbaantjes tussen de IC-pennen wegfreest.

- additionele software, waarmee u de .PLT-bestanden kunt bekijken alvorens u ze naar de freessoftware stuurt;
- speciale software, die uw .PLT-bestanden omzet in besturingssignalen voor de motoren in de freesmachine;
- eventueel extra elektronica die de stuursignalen van uw PC omzet in stuursignalen voor de stappenmotoren in de freesmachine.

## PCNC frees/boormachines

Frees- en boormachines die elektronisch zijn te besturen bestaan in de metaal- en plasticverwerkende industrie al tientallen jaren. Dergelijke apparaten worden "CNC-controlled" genoemd. CNC is het letterwoord van "Computer Numerical Control". Dat wil niet zeggen dat dergelijke machines per sé vanuit een computer moeten worden aangestuurd. U kunt er ook een speciale besturing voor ontwerpen en deze voeden met een ponsband of magnetische tape, waarop de frees- en boorgegevens onder de vorm van een numeriek bestand zijn opgenomen.
Een recente verdere ontwikkeling van dergelijke machines noemt men "PCNC". Dit is de samentrekking van de letterwoorden "PC" en "CNC". Bij dergelijke machines wordt de besturing overgenomen door een PC, die de elektronica in de freesmachine aanstuurt via de parallelle of seriële poort. Speciale DOS- of Windows-software leest bestanden in, zogenaamde .PLT-bestanden, en zet deze bestanden om in numerieke gegevens waarmee de drie stappenmotoren in de freesmachine worden aangestuurd.
PCNC frees/boormachines zijn nogal prijzig, het goedkoopste apparaat dat wij op internet konden vinden kost een sappige € 2.250,00, exclusief de freeskop en exclusief BTW. Niet bepaald iets waar u als hobbyist, school of klein bedrijf zit op te wachten. Anderzijds is het zo, dat dit onderwerp een waar eldorado is voor de hobbyist. Diverse bedrijven verkopen mechanische bouwpakketten van freesmachines voor redelijke prijzen. Als u voor deze vaak moeizame, maar leerzame weg kiest, dan komt u met € 750,00 al een heel eind in de goede richting. Maar: het zélf in elkaar knutselen van het gehele systeem is iets dat u niet in een twee drie doet en kost in de meeste gevallen bloed, zweet en tranen. Maar voor de rasechte hobbyist is dit eerder een uitdaging dan een afschrikking.

## Aansturingselektronica

Als u een kant en klare machine koopt, dan bevat deze de aansturingselektroni-

ca voor de drie stappenmotoren. Start u met een mechanisch bouwpakket, dan heeft u ook nog deze aansturingselektronica nodig, waarmee u de drie motoren van de freesmachine kunt aansturen. Ook dát is natuurlijk een waar eldorado voor de hobbyist. De meeste leveranciers van de goedkope bouwpakketten leveren ook bouwpakketjes voor de elektronica, of op zijn minst een print met schema. Verder treft u op internet ontelbare schema's aan van eenvoudige en complexe schakelingen voor het aansturen van freesmachines. Zoek in Google naar "isolation milling" en de links vliegen u om de oren.

**Printontwerp programma's**
Vrijwel alle bekende printontwerp programma's ondersteunen tegenwoordig het exporteren van de printgegevens naar één of diverse .PLT-bestanden, die u in de PCNC software kunt laden. In dit hoofdstuk zullen wij ons bezig houden met twee onder hobbyisten en scholen zeer populaire programma's, Eagle en Sprint Layout. Wij zullen u uitleggen hoe u vanuit deze programma's betrouwbare files kunt genereren waarmee u freesmachines kunt aansturen.

**Additionele software**
Omdat er bij het configureren van de .PLT-uitvoer nogal wat parameters zijn in te stellen, kunt u gemakkelijk een fout maken. Stuurt u de bestanden naar uw freesmachine, dan komt de fout eerst aan het licht als het te laat is, namelijk als uw print is gefreesd. Vandaar dat het handig is als u een programma download, waarmee u de .PLT-bestanden even kunt bekijken onder de vorm van een virtuele gefreesde print op uw scherm. U ziet dan onmiddellijk of u de printsporen niet te dicht op elkaar heeft gezet voor de gekozen freesbreedte en of alle letters op de print er wel goed uitzien. Overigens bevatten de moderne Windows freesprogramma's dergelijke viewers standaard.

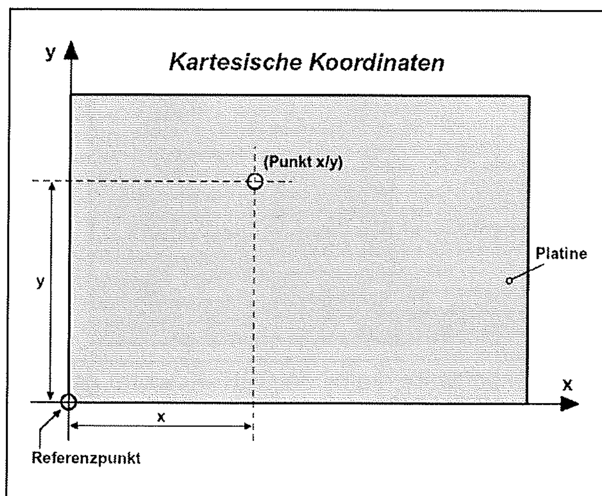
**De freessoftware**
Tot slot heeft u speciale software nodig, die u op uw PC installeert en die via de parallelle of seriële poort van uw PC de motoren in de freesmachine aanstuurt. Deze software wordt geladen met de .PLT-bestanden en stuurt er de stappenmotoren mee. De leveranciers van dure freesmachines leveren dergelijke software bij hun apparatuur, kiest u voor een bouwpakket, dan zult u zélf op zoek moeten naar geschikte software. Een geschikt en niet te duur programma is Win PC-NC van Lewetz, maar er zijn minstens een tiental programma's op de markt die hetzelfde kunnen.

# Freesmachines

**Inleiding**
In deze paragraaf laten wij u kennis maken met de principes van freesmachines en bespreken een paar opties, van vrij dure professionele kant en klare apparatuur tot goedkope zelfbouwpakketten.

**Het principe**
De meeste freesmachines werken volgens het cartesische principe, voorgesteld in figuur 3/8.3.19-4. De te bewerken print wordt ingeklemd op een stabiele ondergrond, de freesplaat. De print heeft een referentiepunt X = 0 en Y = 0, dat heel precies op het referentiepunt X = 0 en Y = 0 van de freesplaat wordt gezet. Alle punten van de print

zijn nu gedefinieerd door een bepaalde X-waarde en een bepaalde Y-waarde. Heel nauwkeurig boren en frezen is dan geen probleem meer, want uw printontwerp software werkt met hetzelfde coordinatenstelsel (X,Y) als uw freesmachine. Ieder punt van uw printontwerp heeft unieke X- en Y-waarden, die overeen komen met dezelfde X- en Y-waarden op uw printplaat onder de frees.

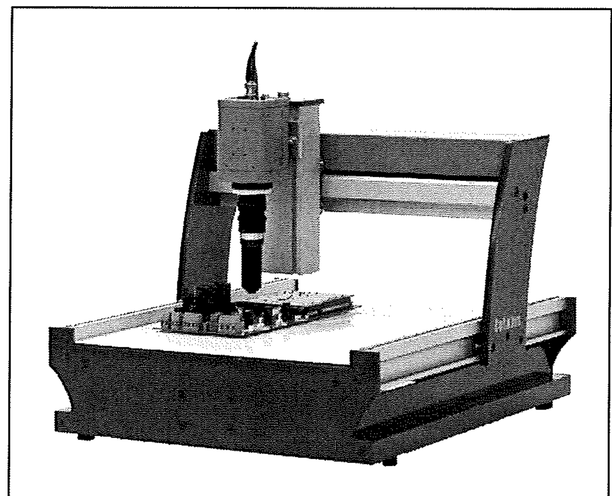



**Figuur 3/8.3.19-4:** Het principe van lineaire freesmachines: via de X- en Y-waarden van een cartesische coördinatenstelsel is ieder punt op uw print wiskundig gedefinieerd.

Twee stappenmotoren sturen de freeskop lineair naar dat (X,Y)-punt, een derde motor beweegt de freeskop naar beneden en weer naar boven. Deze derde motor bestuurt dus de derde coördinaat Z van het cartesische stelsel. Op deze manier wordt één gat in de print geboord. Bij het frezen van de isolatiekanalen is de procedure iets ingewikkelder, maar vergelijkbaar. De software stuurt de X- en Y-motoren zo aan, dat de freeskop de isolatiekanalen volgt. Het komt er alleen op aan de "Pen Up" en "Pen Down" commando's die de op- en neerwaartse beweging van de freeskop sturen nu niet ná iedere verplaatsing te versturen, maar de frees gedurende het frezen van één kanaal in de down-stand te laten staan. Natuurlijk moet u de isolatiefrees zó inspannen, dat deze alleen maar de koperen laag wegfreest en geen diepe groeven in uw print maakt.

## De CBR-40 van Franklin Industries

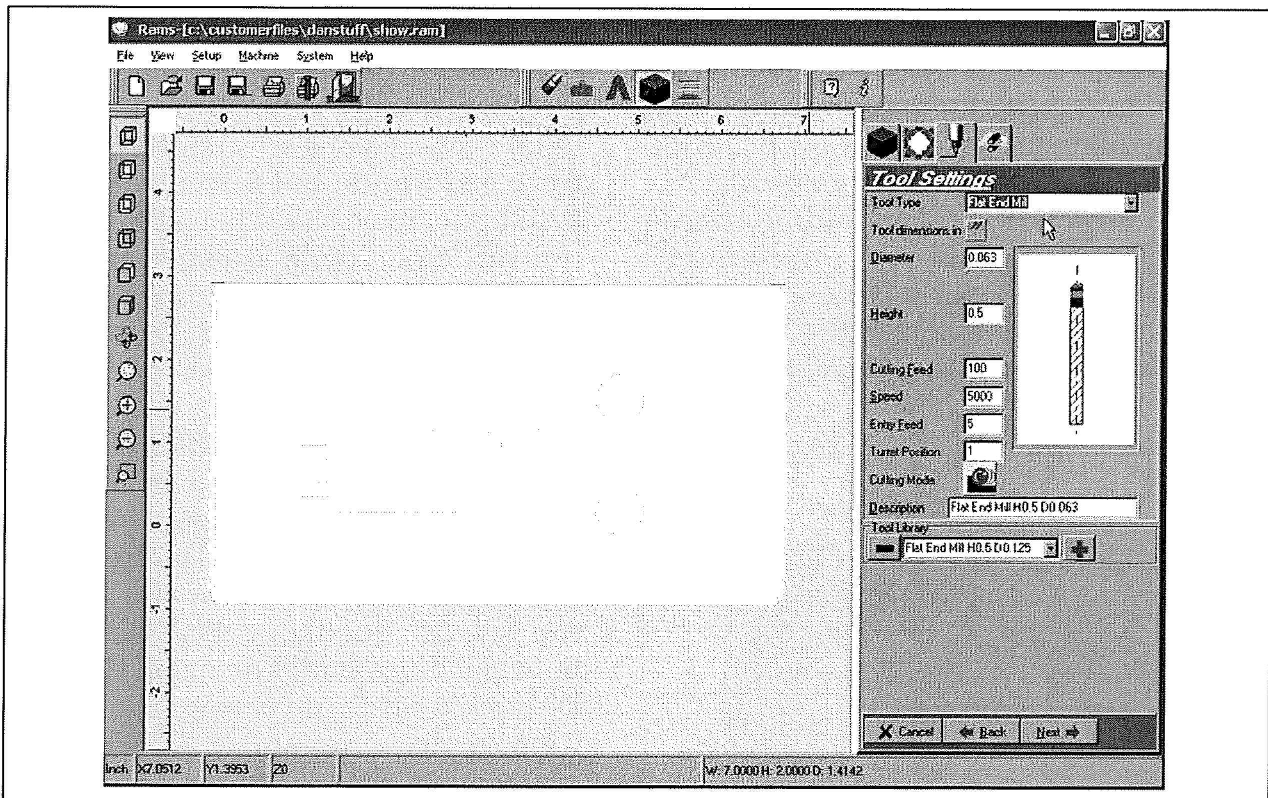
Het Belgisch bedrijf Franklin Industries kan een pionier op dit gebied worden genoemd. Zij timmeren al jaren lang aan de weg door het op de markt brengen van relatief goedkope PCNC frees- en boormachines onder de naam ColinBus. De goedkoopste uitvoering is de CBR-40, voorgesteld in figuur 3/8.3.19-5.



**Figuur 3/8.3.19-5:** De CBR-40 van Franklin Industries.

Helaas is Franklin Industries nog zo'n ouderwets bedrijf dat liever een vertegenwoordiger langs stuurt dan informatie over producten op Internet te zetten. We kunnen u niet veel vertellen over dit apparaat, behalve dat de prijs € 2.250,00 bedraagt, **exclusief freeskop**.

**8.3 Van schema tot kant en klare print**



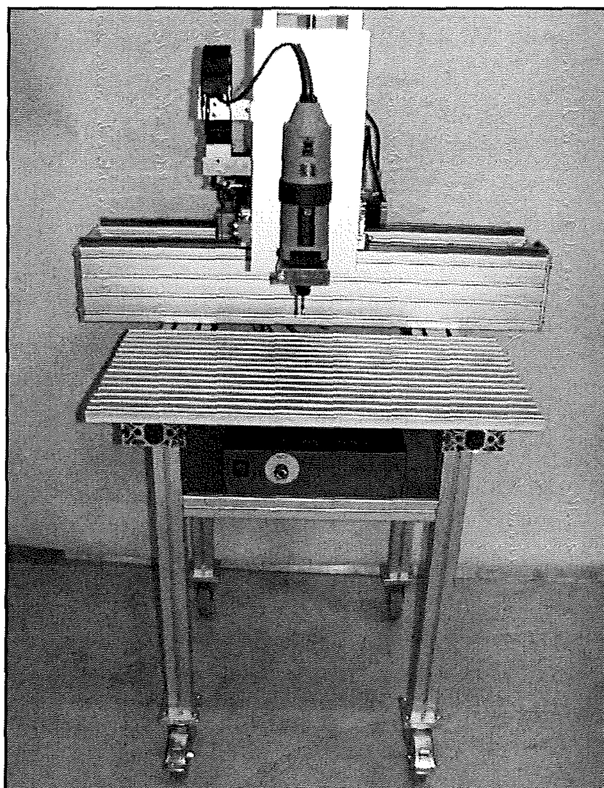

**Figuur 3/8.3.19-6:** Het werkscherm van RAMS 2D, de freessoftware die bij de CBR-40 wordt geleverd.

De CBR-40 wordt immers aangeprezen als een universeel apparaat, waarmee u bijvoorbeeld ook soldeerpasta of lijm kunt aanbrengen, laserscanning kunt uitvoeren en via een camera optische controle. Uiteraard kunt u bij Franklin ook een freeskop aanschaffen, maar de prijs wordt niet op Internet vermeld.
De machine wordt wél geleverd met een versie van de RAMS 2D software, waarmee u uw HPGL-bestanden kunt omzetten in aansturingscommando's voor het apparaat.
De technische gegevens van de CBR-40:
- maximaal werkoppervlak:
  300 (x) x 400 (y) x 100 (z) $mm^3$
- afmetingen:
  453 mm x 583 mm x 468 mm
- PC-interface
  serieel
- X/Y/Z-drivers:
  hybride motoren
- positioneringssnelheid:
  100 mm/s max.
- mechanische resolutie:
  0,0075 mm
- software resolutie:
  0,025 mm

Met de RAMS 2D software, zie figuur 3/8.3.19-6, kunt u DFX-, EPS-, AI-, PLT-, CNC- en RAM-bestanden importeren, die volgens de leverancier met een 100-procentige nauwkeurigheid worden omgezet in besturingssignalen voor de drie motoren van de CBR-40. Het programma heeft veel intelligente instellingen, waar u echter bij het frezen van de smalle isolatiekanalen in uw print niet veel profijt van heeft. Dat komt doordat RAMS 2D niet speciaal ontworpen is voor het frezen van printen, maar een algemeen freesprogramma is. Zo zult u de

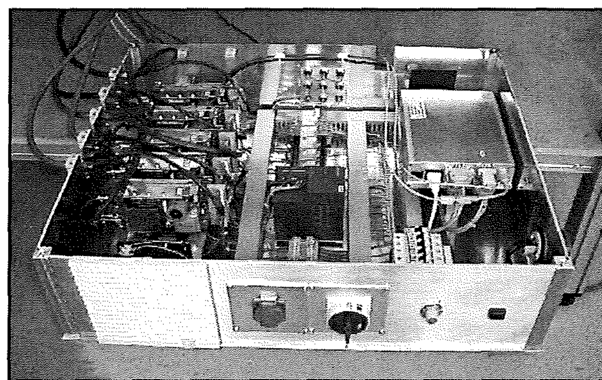
intelligente algoritmen, bedoeld voor het zo efficiënt mogelijk wegfrezen van grote oppervlakken, maar zelden gebruiken.

**De Mimo Hobby van Huber GmbH**
Het Oostenrijkse bedrijf Huber GmbH biedt voor € 2.800,00 een complete freesoplossing aan onder de naam Mimo Hobby. Deze machine, voorgesteld in figuur 3/8.3.19-7, wordt geleverd met besturingselektronica en DOS-software.



**Figuur 3/8.3.19-7:** De Mimo Hobby van Huber GmbH.

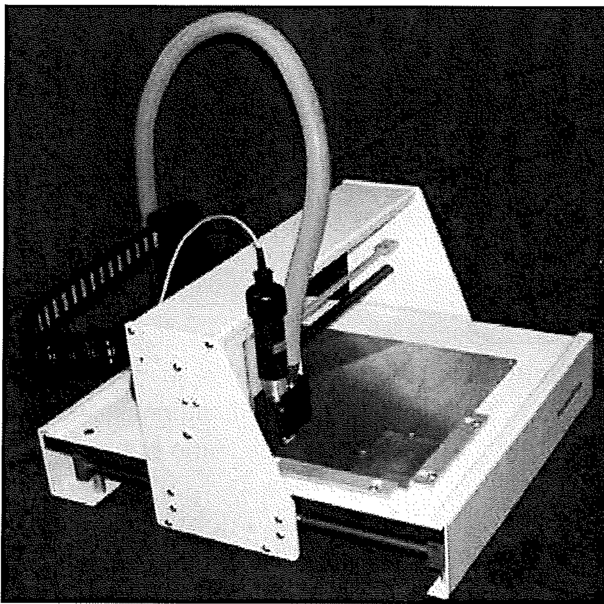
Ook dit is een bedrijf dat niet van Internet houdt en meer gegevens kunnen wij helaas niet verstrekken. In figuur 3/8.3.19-8 geven wij u een inkijkje in de indrukwekkende elektronica. Het ziet er héél professioneel en degelijk uit! U kunt natuurlijk altijd via de site contact met de ondernemers de Heren E. Janner en M. Fuhrken opnemen, waarna hopelijk meer informatie wordt prijsgegeven. Prijstechnisch is dit in ieder geval een optie die het overwegen waard is.



**Figuur 3/8.3.19-8:** Een kijkje in de behuizing van de besturingselektronica van de Mimo Hobby.

**De TechnoRoute van TechnoPrint-SMT**
Het Nederlandse bedrijf MDA Elektronica levert de TechnoRoute. Dit apparaat is voorgesteld in figuur 3/8.3.19-9 en kost ongeveer € 4.600,00. De effectieve tafelmaat bedraagt 320 mm bij 310 mm, zelfs uw grootse printen kunt u dus verwerken. Dit apparaat is ontwikkeld door het Ermelose bedrijf TechnoPrint-SMT, dat zich heeft gespecialiseerd in de productie van machines voor SMD-productie. De verkoop en service is echter uitbesteed aan MDA Elektronica. Zoals u uit de foto kunt opmaken heeft de TechnoRoute een aantal opmerkelijke eigenschappen:
- geïntegreerde stofzuiger zuigt het freesstof af;
- ook de Z-as (freesbesturing) is uitgevoerd met een stappenmotor, waardoor de freesdiepte heel nauwkeurig kan worden ingesteld;
- door deze stappenmotorbesturing van de frees klapt de beitel niet op-

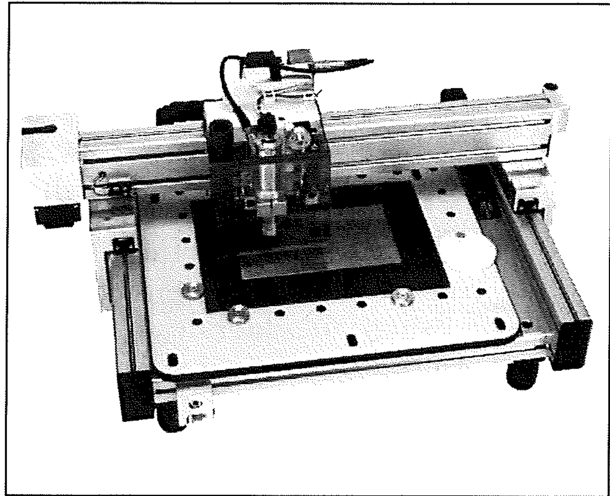
eens op de print, maar wordt stapsgewijs naar de juiste freesdiepte geleid;
- het materiaal wordt ingespannen door middel van een paar zeer krachtige magneten, een heel handig en snel systeem.



**Figuur 3/8.3.19-9:** De TechnoRoute machine van TechnoPrint-SMT.

De TechnoRoute wordt geleverd met aansturingselektronica en -software. Voor het frezen van printplaten heeft u echter additionele software nodig, waarvoor MDA Elektronica het pakket Engraver levert.

**De CCD2 van Bungard**
Het Duitse bedrijf Bungard Elektronik GmbH levert een aantal prachtige PCNC-machines, waarvan de goedkoopste model CCD2 is. Dit apparaat, voorgesteld in figuur 3/8.3.19-10, kost een slordige € 7.000,00, maar voor dit geld krijgt u een complete oplossing met aansturingselektronica en een aan het apparaat aangepaste versie van de Windows software RoutePro 2005.



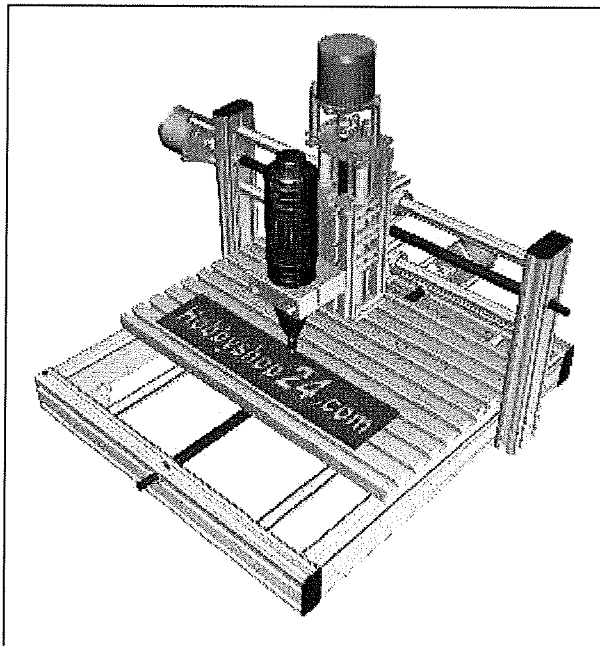
**Figuur 3/8.3.19-10:** Met de CCD2 van het Duitse bedrijf Bungard Elektronik GmbH krijgt u een complete oplossing in huis.

De voornaamste kenmerken van deze combinatie:
- de frees draait met een maximale snelheid van 60.000 toeren per minuut, maar deze snelheid is via de software instelbaar op de boor- of freesklus;
- freesmotor uitgerust met rem voor noodstops;
- freesmachine voorzien van snelspan systeem voor het snel wisselen van de frees;
- bij het wisselen van gereedschap is een nieuwe nulpunt kalibratie niet noodzakelijk;
- hard- en software ondersteunen het frezen tot een minimale maat van 0,1 mm;
- geïntegreerde bestuurbare stofzuiger met een regelbaar vermogen van 500 W tot 1.500 W;
- snelheid van X-, Y- en Z-verplaatsing is via de software in te stellen;
- effectieve bewerkingoppervlakte van 270 mm bij 325 mm;
- koppeling met de PC via seriële of USB bus;

- alle parameters van het proces zijn via de software te configureren;
- stap via de software in te stellen op 1 mil, 1/2 mil of 1/4 mil (6,35 µm);
- resolutie bedraagt 0,1 mil (2,54 µm);
- nauwkeurigheid van de besturing bedraagt steeds één stap van 0,1 mil;
- de maximale freessnelheid bedraagt 130 mm/s;
- maximale boorsnelheid bedraagt vijf boringen per seconde.

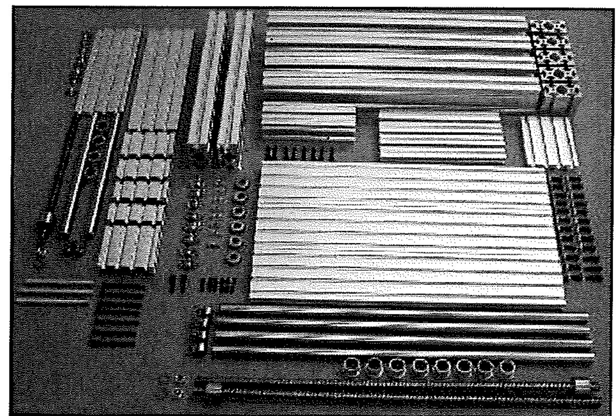
**Fräsmaschine I van Hobbyshop24**

Het Duitse bedrijf Hobbyshop24 levert via Internet een bouwpakket van het apparaat dat is voorgesteld in figuur 3/8.3.19-11.




**Figuur 3/8.3.19-11:** De Fräsmachine I van Hobbyshop24.

Aan de hand van een 50 pagina's dikke handleiding kunt u met standaard aluminium profielen en overige onderdelen (zie figuur 3/8.3.19-12) op een goedkope manier een hobby freesmachine bouwen. Volgens Hobbyshop24 kost u de mechanische constructie ongeveer € 300,00. Deze freesmachine heeft een werkoppervlak van 300 mm bij 200 mm, de frees kan maximaal 80 mm heen en weer bewegen. Het bouwpakket bevat alleen de zuivere mechanica, motoren, freesmachine en aansturingselektronica zitten er niet bij.

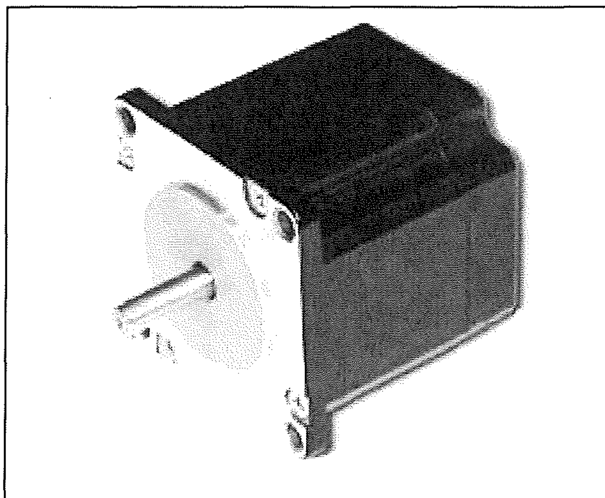


**Figuur 3/8.3.19-12:** Uit deze foto van de onderdelen van het bouwpakket blijkt duidelijk dat Hobbyshop24 gebruik maakt van standaard profielen.

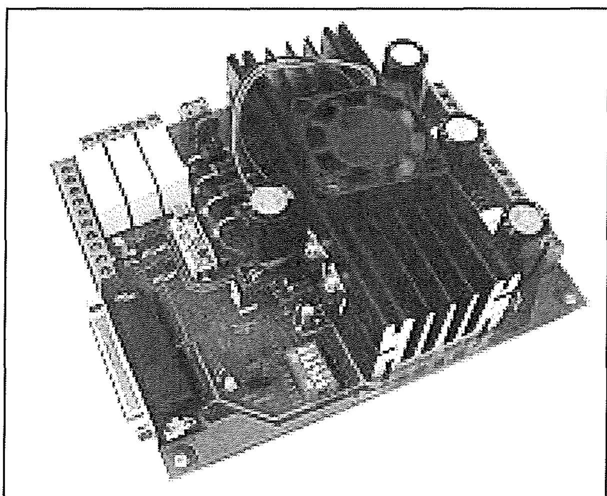
Bij hetzelfde bedrijf kunt u terecht voor passende stappenmotoren en de aansturingselektronica. De in figuur 3/8.3.19-13 voorgestelde stappenmotor heeft u drie maal nodig voor het aandrijven van de drie assen van de machine. Dit type maakt 400 stappen per omwenteling. In combinatie met de mechanica van de freestafel ontstaat dan een resolutie van 0,01 mm.

In figuur 3/8.3.19-14 is de aansturingselektronica voorgesteld. Deze print stuurt de drie stappenmotoren én de motor van de freesmachine. De elektronica heeft ingangen voor microschakelaars, die u additioneel op de drie assen kunt bevestigen en sluiten als de as te ver

wordt gestuurd en het geheel dreigt vast te lopen. Via deze voorziening wordt vernieling van de stappenmotoren voorkomen.



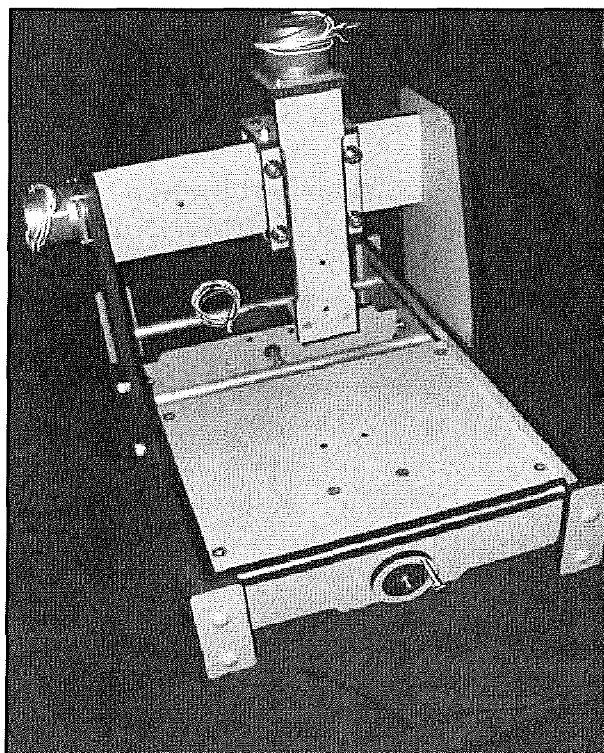
**Figuur 3/8.3.19-13:** De door Hobbyshop24 voorgeschreven stappenmotoren voor de Fräsmachine I.



**Figuur 3/8.3.19-14:** De print die de volledige besturingselektronica van de Fräsmaschine I bevat.

## Een grote onbekende

Bij de Internet research naar bronnen voor dit hoofdstuk kwamen wij op een mysterieuze site terecht. Op de Nederlandstalige site www.2004all.com met als titel "Doe het zelf CNC" troffen wij de freesmachine aan die is voorgesteld in figuur 3/8.3.19-15. De site is anoniem, er is alleen een email adres voor het aanvragen van nadere informatie. In ieder geval is duidelijk dat deze machine als bouwpakket verkrijgbaar is.

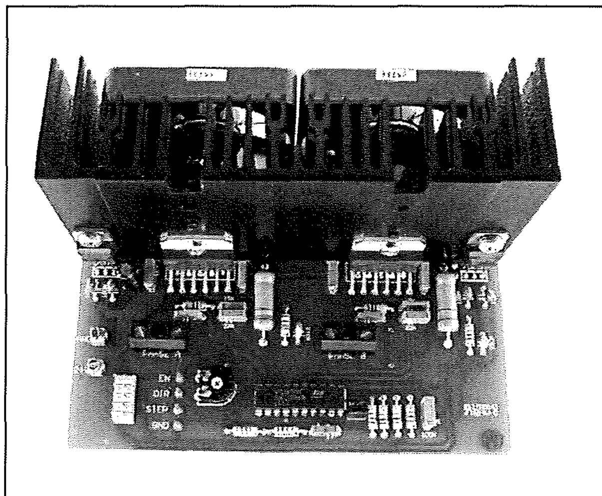


**Figuur 3/8.3.19-15:** De freesmachine die als bouwpakket verkrijgbaar is via www.2004all.com.

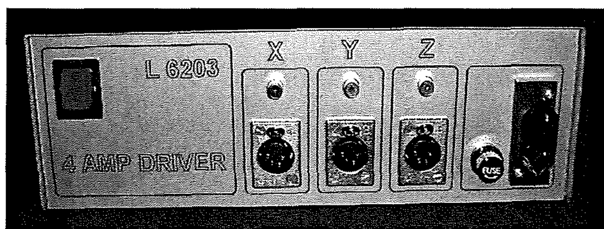
Het geheimzinnige bedrijf kan ook de aansturingselektronica als bouwpakket leveren (zie figuur 3/8.3.19-16) en er is zelfs een voorbewerkte behuizing beschikbaar (zie figuur 3/8.3.19-17) voor het inbouwen van de elektronica en voeding.

## De TanBo van Radix GmbH

Dit apparaat, voorgesteld in figuur 3/8.3.19-18, is een vreemde eend in dit hoofdstuk.

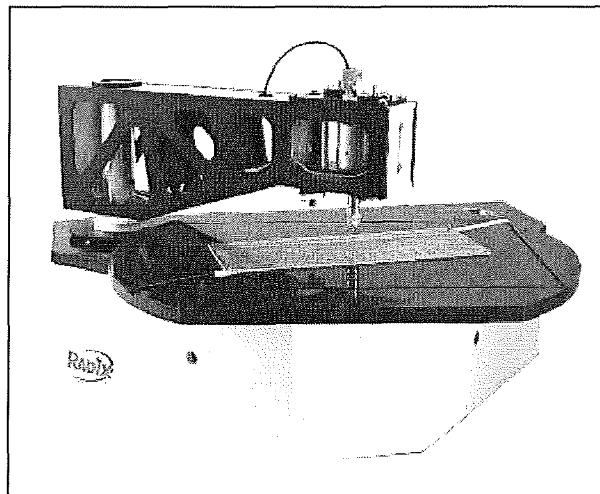


**Figuur 3/8.3.19-16:** De besturingselektronica voor het apparaat van figuur 3/8.3.19-15.




**Figuur 3/8.3.19-17:** De elektronica ingebouwd in de behuizing.

Op de eerste plaats is het apparaat, in de huidige uitvoering, géén freesmachine maar alleen een boormachine. Op de Internetsite van de fabrikant wordt echter aangekondigd dat men druk bezig is de software zó uit te breiden dat er met het apparaat ook kan worden gefreesd. Vandaar dat wij de TanBo tóch in dit overzicht hebben opgenomen.
Op de tweede plaats werkt de TanBo volgens een revolutionair principe. Als referentiestelsel wordt namelijk geen cartesisch assenstelsel gebruikt, maar een polair. Dit wordt toegelicht aan de hand van figuur 3/8.3.19-19. Ook nu wordt de print opgespannen op een plaat, maar deze plaat is draaibaar. Over de plaat draait een arm met daarin de freesmachine. Ieder punt op de print wordt nu niet gedefinieerd door unieke X- en Y-waarden, maar door twee hoeken, namelijk de hoekverdraaiïng van de draaitafel en de hoekverdraaiïng van de arm.

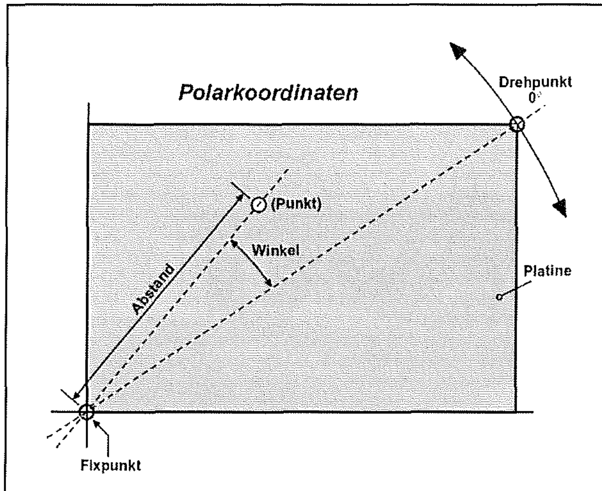


**Figuur 3/8.3.19-18:** De TanBo van Radix GmbH in de basisuitvoering met één arm.

Wiskundig kan worden aangetoond, dat ieder cartesisch (X,Y)-punt zonder problemen kan worden omgezet in een polair ($\alpha$,$\beta$)-punt, waarbij $\alpha$ en $\beta$ de hoekverdraaiïngen van draaitafel en arm voorstellen. Met andere woorden: ieder punt op de print is gedefinieerd door een unieke combinatie van de twee hoeken $\alpha$ en $\beta$.
Het gebruik van polaire besturing heeft voor- en nadelen. Groot voordeel is dat de machine maar twee zeer nauwkeurig volledig spelingsvrije gelagerde draaipunten nodig heeft, namelijk de centrale as van de draaitafel en het draaipunt van de arm. Lineair werkende machines bezitten veel meer nauwkeurig te lageren punten, minstens zes. Een nadeel is dat de eigen mechanische resolutie van de machine veel kleiner is. Dat ligt misschien niet zo voor de hand, maar een

**8.3 Van schema tot kant en klare print**

kleine toelichting zal dit probleem verduidelijken.

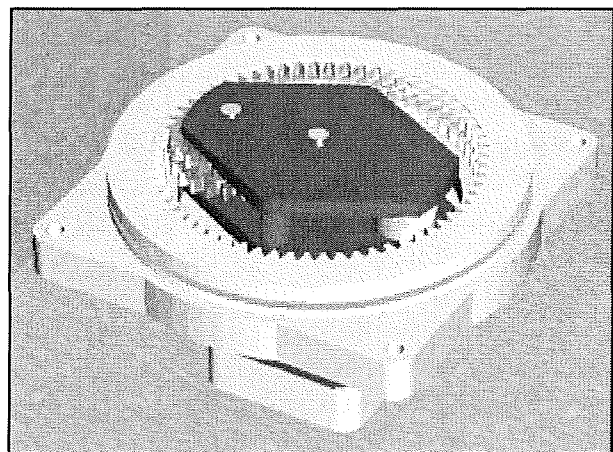



**Figuur 3/8.3.19-19:** Het werkingsprincipe van de TanBo.

Bij een lineaire machine wordt de aandrijving in X- en Y-richting verzorgd door stappenmotoren die een lange schroefdraadstang aandrijven. Over die schroeddraadstang glijdt een zeer nauwkeurig gelagerde moer, die de freeskop verplaatst langs de stang. Als de motor 200 stappen per omwenteling maakt en de schroefdraadstang een spoed heeft van 4 mm (een gebruikelijke waarde), dan komt iedere stap van de motor overeen met een lineaire verplaatsing van de moer en dus de freeskop over 0,02 mm. Dat is een resolutie die zonder meer goed genoeg is voor het nauwkeurig frezen en boren van printplaten.

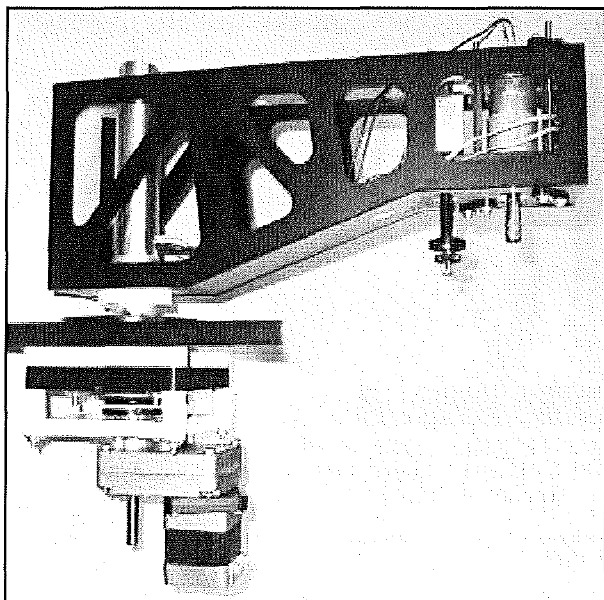
De arm van de TanBo heeft een lengte van 240 mm en dat betekent dus dat één omwenteling van deze arm een cirkelvormige verplaatsing van de freeskop over 1.510 mm tot gevolg heeft. Cirkelomtrek is immers de straal maal twee π. Als we die arm zouden sturen met dezelfde stappenmotor, dan zou iedere stap van de motor een verplaatsing van de boorkop over 1.510 mm gedeeld door 200 stappen is 7,55 mm tot gevolg hebben! Dat is natuurlijk een volstrekt onbruikbare waarde voor een freesmachine! Om de resolutie tot een bruikbare waarde terug te schroeven moet er dus een zeer grote vertragingskast ingebouwd worden. Stel dat we tevreden zouden zijn met een mechanische resolutie van 0,04 mm, dan moet die vertragingskast de beweging van de arm reduceren met een factor 7,55 mm gedeeld door 0,04 mm is gelijk aan 190! Een dergelijke grote vertraging is met normale tandwiel- of drijfriemsystemen niet te halen met de vereiste nauwkeurigheid.

Een tweede revolutionair onderdeel van het ontwerp is de herontdekking van een oeroud systeem met slechts vier tandwielen, dat tóch zeer grote vertragingen oplevert. Het zou in het kader van dit hoofdstuk te ver gaan om die mechanische overbrenging tot in detail te bespreken, wij volstaan met een foto in figuur 3/8.3.19-20 van dit meesterwerkje van de mechanica.



**Figuur 3/8.3.19-20:** De Welldrive, de nauwkeurige vertragingskast met slechts vier tandwielen die de TanBo zijn goede mechanische resolutie geeft.

De herontdekker van het principe heeft deze vertragingskast Welldrive gedoopt en er onmiddellijk patent op aangevraagd. Het is dit mechanisch kunststukje dat de TanBo mogelijk heeft gemaakt. In figuur 3/8.3.19-21 ziet u hoe deze Welldrive is geïntegreerd in de constructie van de arm. Links onder ziet u de stappenmotor, met daarboven de Welldrive.

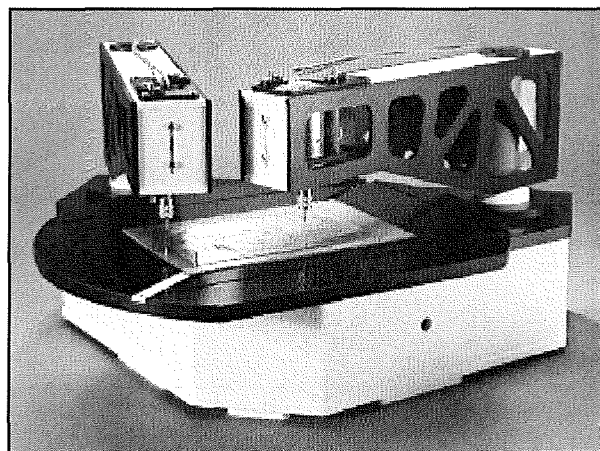


**Figuur 3/8.3.19-21:** Montage van een Welldrive in de constructie van de arm.

### TanBo bouwpakket

De TanBo wordt als compleet bouwpakket door Radix aangeboden voor slechts € 799,00, mét besturingselektronica en speciale software.
Maar ... zoals reeds geschreven, op dit moment is die software alleen geschikt voor het boren van printen. Als, zoals beloofd, de software wordt uitgebreid met een freesoptie, dan heeft u met dit wonderlijke apparaat een prachtig stuk gereedschap in huis voor de productie van uw printen en dat voor een concurrentieloze prijs.

Maar er is meer! De TanBo is zo ontworpen dat u de basisuitvoering van figuur 3/8.3.19-18 kunt uitbreiden met een tweede arm! Zo'n arm kost als bouwpakket € 230,00. Een bouwpakket met twee armen, zie figuur 3/8.3.19-22, kost slechts € 999,00. Hiermee krijgt u een geweldige oplossing in handen om printen te boren zonder wisseling van boor of frees. Kortom, iedereen die op termijn is geïnteresseerd in het onderwerp "printen frezen" doet er verstandig aan de ontwikkelingen van TanBo regelmatig te volgen!



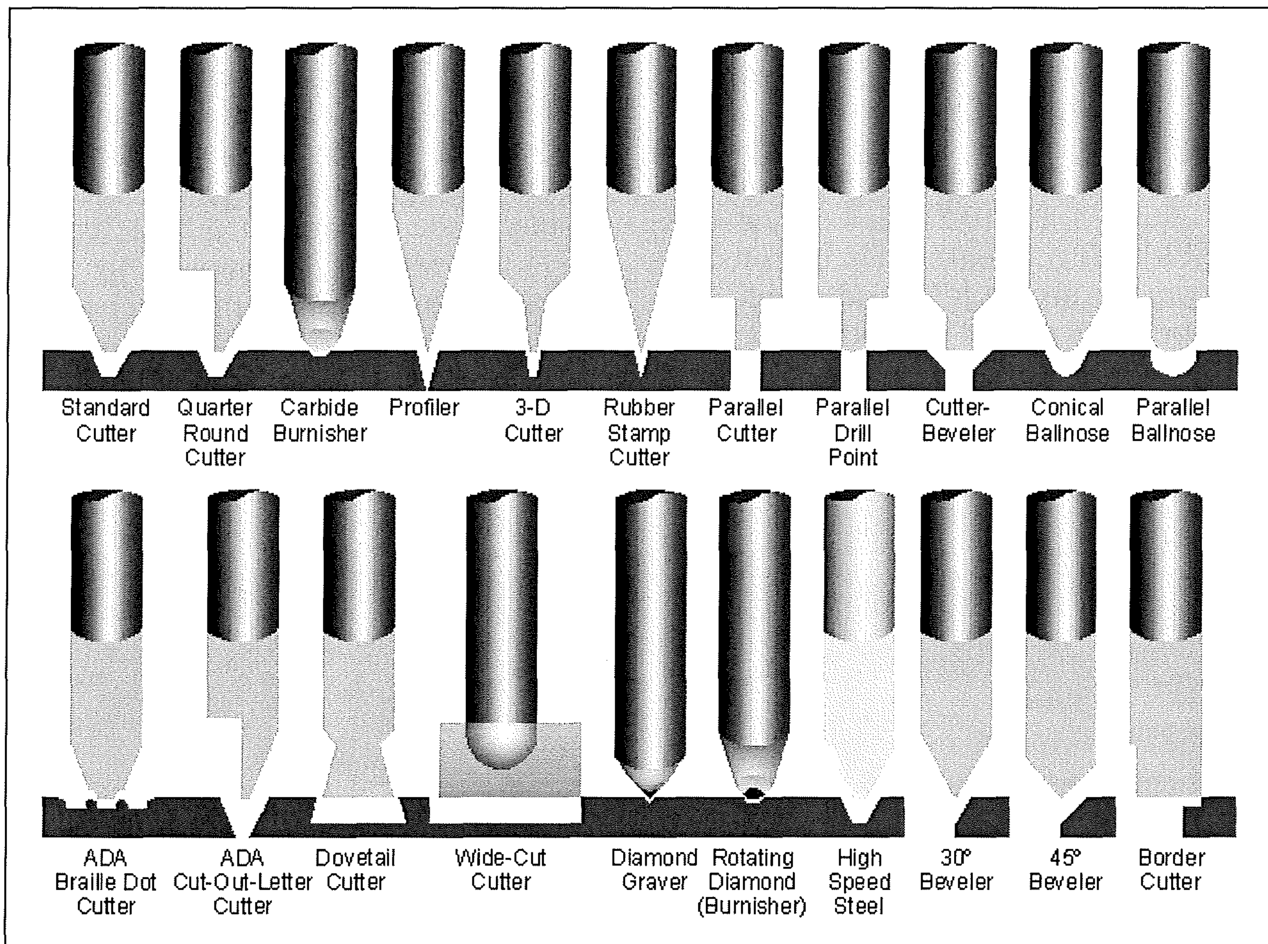
**Figuur 3/8.3.19-22:** De uitgebreide uitvoering van de TanBo met twee werktuigarmen.

# Materiaal en gereedschap

### Print als basismateriaal

Voor het frezen van printen heeft u uiteraard niet de gebruikelijke fotogevoelige print nodig. U kunt volstaan met het kopen van printplaat met alleen een opgelijmde koperfolie. Over het basismateriaal, waarop die koperfolie zich bevindt, is wél iets te vertellen. U bent ongetwijfeld gewend te werken met het bekende groene basimateriaal FR-4.

## 8.3 Van schema tot kant en klare print




**Figuur 3/8.3.19-23:** Een overzicht van de beschikbare frezen.

Dat kunt u zonder meer gebruiken voor het frezen van printen, maar dit glasvezelversterkte basismateriaal zorgt er voor dat uw freesjes snel bot worden en geen mooie kanalen uitfrezen. Vrijwel alle leveranciers van isolatiekanaal freesmachines raden het gebruik van FR-2 of FR-3 printmateriaal aan.

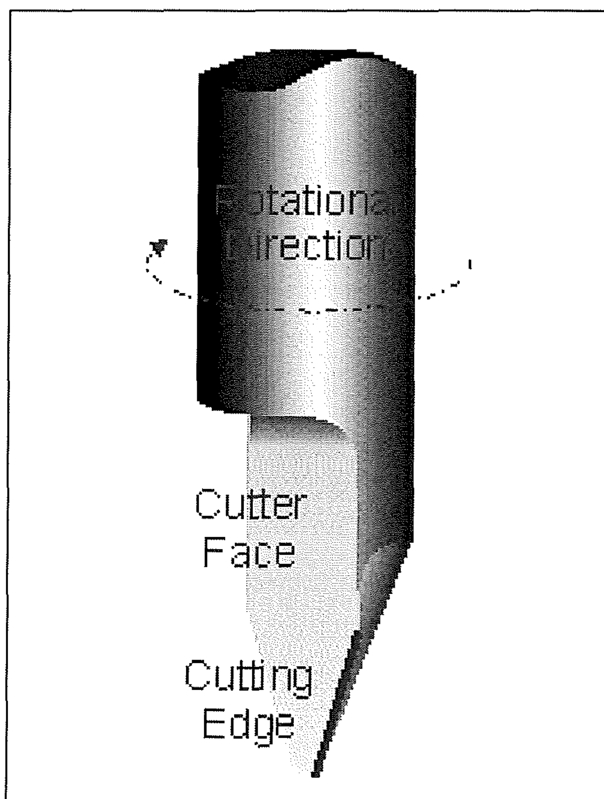
**De frezen**

Over frezen valt heel veel te schrijven. Wist u dat er niet minder dan 22 verschillende soorten freesjes op de markt zijn? In figuur 3/8.3.19-23 hebben wij de freesfamilie voor u overzichtelijk samengevat. Natuurlijk zijn niet alle modellen geschikt voor het frezen en boren van printen. De bruikbare typen stellen wij even aan u voor.

- Standard cutters (STD)
  Deze frezen snijden een kanaalvormige groef onder een hoek van 30° of 40°. De diameter start bij 0.005" en loopt in stappen van 0.005" op tot de breedte van de schacht.
- Parallel cutters (PAR)
  Met deze frezen kunt u niet alleen mooie isolatiekanalen frezen, maar ook grote gaten uitfrezen of de print uit het basismateriaal snijden. De minimaal verkrijgbare maat is 0.060".
- Quarter-Round cutters (QR)
  Deze frezen hebben slechts één snijvlak, zie figuur 3/8.3.19-24. Door deze

speciale constructie kan het gefreesde materiaal gemakkelijker ontsnappen aan het freeskanaal, waardoor de wrijving kleiner is en de frees langer meegaat. Deze frezen zijn verkrijgbaar vanaf 0.005" in stappen van 0.005".

- Profiler (PRO)
  Deze frezen zijn, dank zij de scherpe punt van 15° ideaal voor het zeer fijne werk, zoals het frezen van smalle kanalen rond de pennen van IC's. Ook deze frezen zijn verkrijgbaar vanaf 0.005".



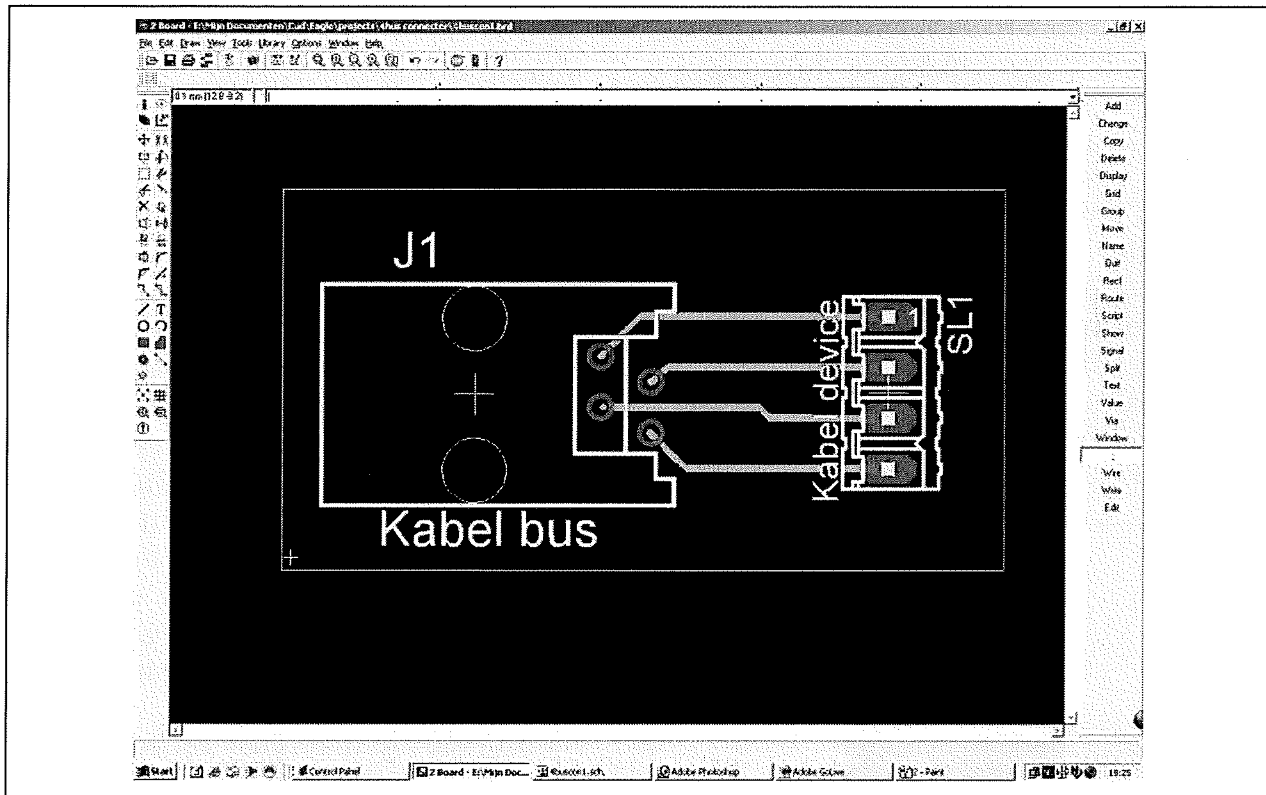

**Figuur 3/8.3.19-24:** De QR-frezen hebben slechts één snijvlak.

# Eagle

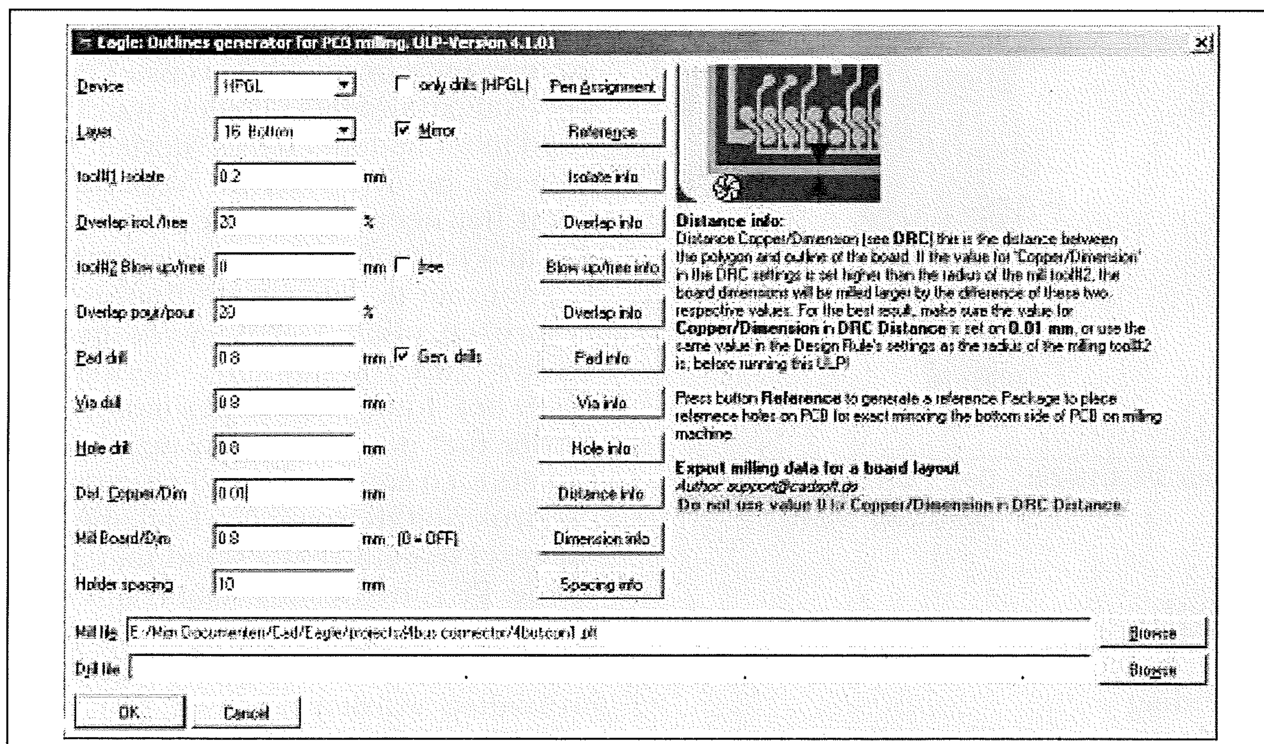
## Inleiding

Eagle is een tamelijk goedkoop printontwerp pakket, dat gemakkelijk is te upgraden. Voor US$ 199,00 krijgt u een versie waarmee u dubbelzijdige printen kunt ontwerpen met als maximaal formaat 100 mm bij 160 mm. Weliswaar heeft u dan maar een beperkt aantal gaatjes ter beschikking, maar met deze basisversie kunt u al heel wat.
Met dit pakket kunt u op een heel eenvoudige manier perfecte HPGL/PLT-bestanden maken, waarmee u uw freessoftware kunt aansturen. U moet echter wél weten hoe dat gaat en vandaar dat wij u stapsgewijs door de procedure leiden.
Als voorbeeld nemen wij een heel eenvoudig ontwerpje, voorgesteld in figuur 3/8.3.19-25. Dit printje stelt een kabeladapter voor van een J-plug naar een connector die op een bandkabeltje wordt geperst.
Ga nu naar de map ULP en zoek daarin naar het bestand mill-outlines.ulp. Voer dit bestand uit. Het venster van figuur 3/8.3.19-26, de Eagle Outlines Generator for PCB Milling, verschijnt vervolgens op uw scherm. In dit venster moet u heel wat parameters invullen, waarover u goed moet nadenken. Als "device" vult u in ieder geval HPGL in. Voor de rest komt het neer op het goed bestuderen van alle parameters en experimenteren. U kunt met de later in dit hoofdstuk te bespreken utility GerbView de gegenereerde .PLT-bestanden bestuderen. Gaat het fout, dan experimenteert u verder met de instellingen van de parameters tot u een goed resultaat verkrijgt.
Na druk op OK wordt het Eagle-bestand omgezet in een freesbestand met als extensie .PLT. In dit ene bestand zitten alle gegevens die uw freesmachine nodig heeft. Eerst worden de gaatjes gefreesd, en nadien worden de isolatiekanaaltjes uitgefreesd. Dit bestand kunt u vervolgens inladen in uw freessoftware.

## 8.3 Van schema tot kant en klare print

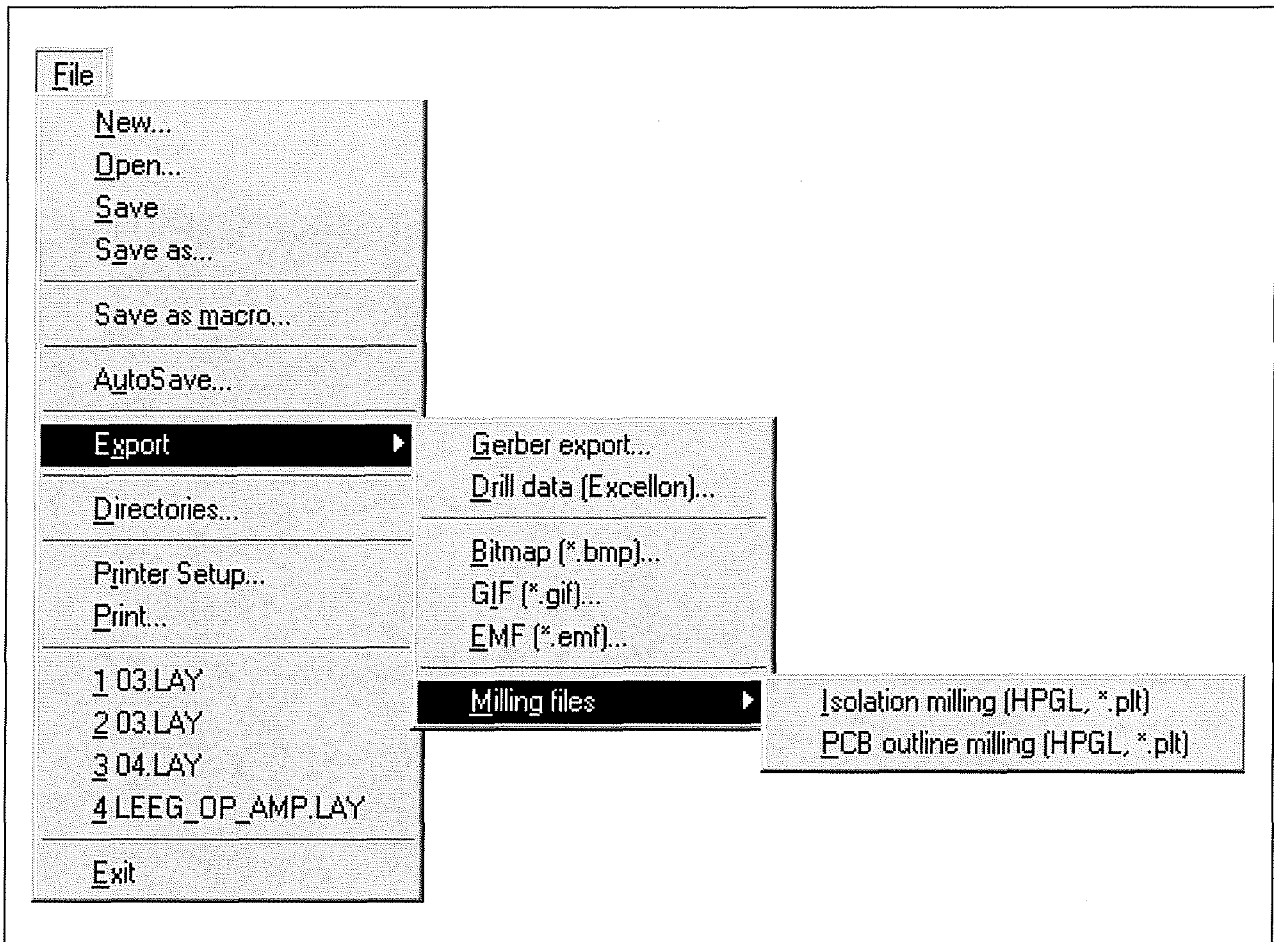



**Figuur 3/8.3.19-25:** Een eenvoudig printontwerpje in Eagle.




**Figuur 3/8.3.19-26:** In dit venster stelt u de parameters in van het freesproces.

**8.3 Van schema tot kant en klare print**




**Figuur 3/8.3.19-27:** Op deze manier kunt u onderzoeken of uw versie van Sprint Layout 4.0 het isolatie frezen ondersteunt.

# Sprint Layout

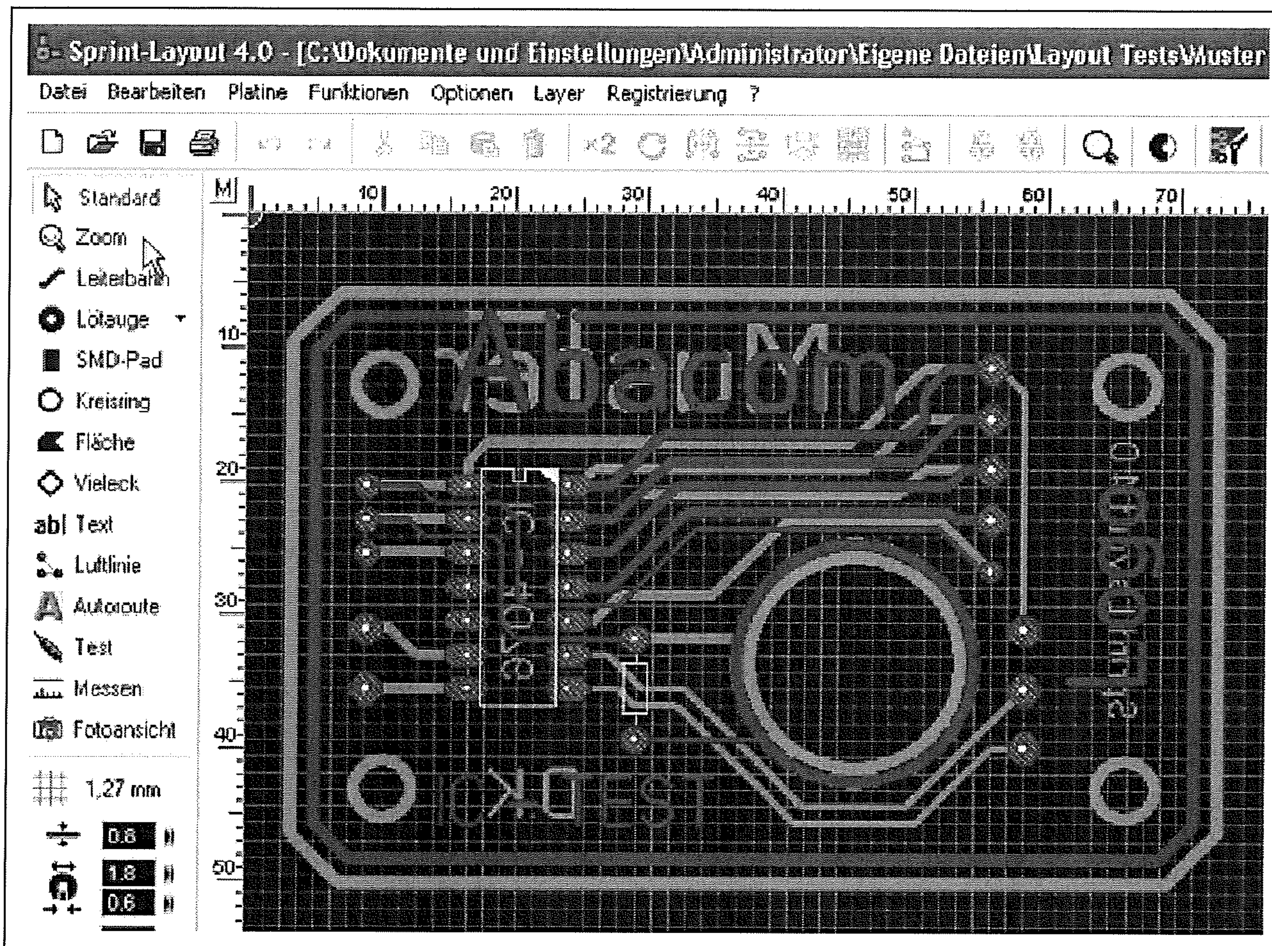
## Inleiding

Moeten wij u Sprint Layout van Abacom nog voorstellen? Voor amper € 50,00 krijgt u een geweldig printontwerp programma in handen, waarin u weliswaar alles met de hand moet ontwerpen, maar waarmee u binnen tien seconden aan de slag kunt. Goed nieuws voor iedere bezitter van een oude versie 4.0! Abacom heeft op haar internetsite een up-date paraat staan, die de export naar freesbestanden mogelijk maakt. Let op! Alleen als u een oudere versie 4.0 heeft kunt u deze up-date downloaden en installeren.

Als u een numeriek oudere versie van het programma heeft (bijvoorbeeld versie 3.0), heeft het geen zin om deze update te downloaden, maar moet u versie 4.0 kopen.

Op de eerste plaats is het dus van belang om te weten of uw versie deze optie ondersteunt. Dat is heel eenvoudig na te gaan. Ga, zie figuur 3/8.3.19-27, naar het menu "File" en klik de optie "Export" aan. Als u in het volgende pop-up venster de optie "Milling Files" ziet staan met de sub-opties "Isolation Milling" en "PCB Outline Milling", dan was uw CD-ROM van Sprint Layout up to date en hoeft u niets te downloaden.

**8.3 Van schema tot kant en klare print**




**Figuur 3/8.3.19-28:** Een tweezijdig printje, ontworpen in Sprint Layout, dat we gaan "millen".

Is deze optie niet aanwezig in uw versie, dan kunt u via de Internet-bron, aan het eind van dit hoofdstuk, uw versie actualiseren.

**Een voorbeeld**

In tegenstelling tot Eagle genereert Sprint Layout een aantal .PLT-bestanden, voor iedere bewerking van de frees één. Ook nu gaan wij aan de hand van een eenvoudig voorbeeld het proces begeleiden. Dit voorbeeld is voorgesteld in figuur 3/8.3.19-28. We hebben te maken met een kleine tweezijdige print mét tekst.

Het eerste dat u moet besluiten is of de teksten op uw print als "singleline" of als "outline" moeten worden behandeld. Het verschil blijkt uit figuur 3/8.3.19-29. De bovenste tekst is "singleline" en wordt door de frees in één keer uitgefreesd. De onderste tekst is "outline", dergelijke tekst wordt door de software beschouwd als een printbaan, waarlangs een isolatiekanaal moet worden gefreesd. Het zal duidelijk zijn dat deze laatste bewerking veel meer tijd kost en uw frees onnodig belast.

U moet met de linker muisknop alle teksten, die u als "singleline" wilt frezen, eerst markeren. Vervolgens gaat u volgens figuur 3/8.3.19-27 naar de optie "Isolation Milling". In het venster dat nu verschijnt en is voorgesteld in figuur

**8.3 Van schema tot kant en klare print**

3/8.3.19-30 moet u een heleboel parameters instellen.

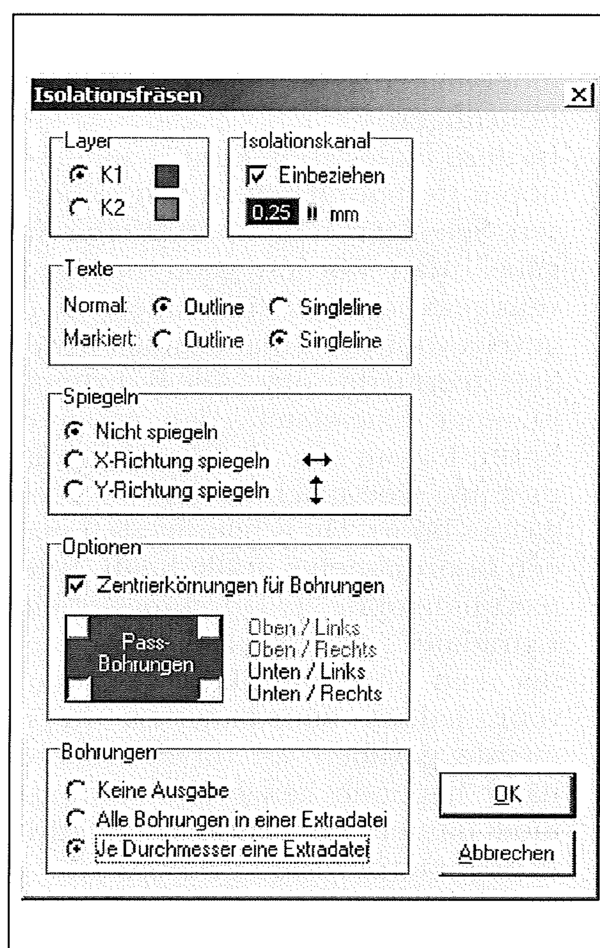



**Figuur 3/8.3.19-29:** Het verschil tussen "singleline" en "outline" tekst.

- Layer
  We gaan eerst layer K1 uitfrezen, dus klikken we hier op deze laag.
- Isolationskanal
  In dit venstertje vult u de breedte in van de isolatiekanalen die u gaat frezen. U moet dus op dit moment weten met welke frees u aan de slag gaat.
- Texte
  In deze dialoogbox kunt u aangeven hoe u de teksten op de print wilt frezen. De "normale" teksten worden als "outline" aangeklikt, de door u op de print geselecteerde teksten (Markiert) worden als "singleline" aangeklikt.
- Spiegeln
  De koperlaag K1 is de bovenzijde van de print en deze moet dus niet worden gespiegeld.

In het venster van figuur 3/8.3.19-30 kunt u nog de volgende opties instellen:

- Zentrierkörnungen für Bohrungen
  Als u deze optie activeert, zal de frees alle soldeereilandjes voorzien van een centreerpuntje. Als u de laag behandelt waar de soldeeroogjes aanwezig zijn, dus meestal de onderste laag K2 van uw print, is het aan te bevelen deze optie te selecteren. Bij het boren van de gaatjes heeft de boor dan een centreerpunt waardoor het "lopen" van de boor over de print wordt voorkomen. De kans dat een boor breekt is dan ook veel kleiner. Het enige nadeel van deze optie is dat het freesproces uiteraard veel langer duurt.



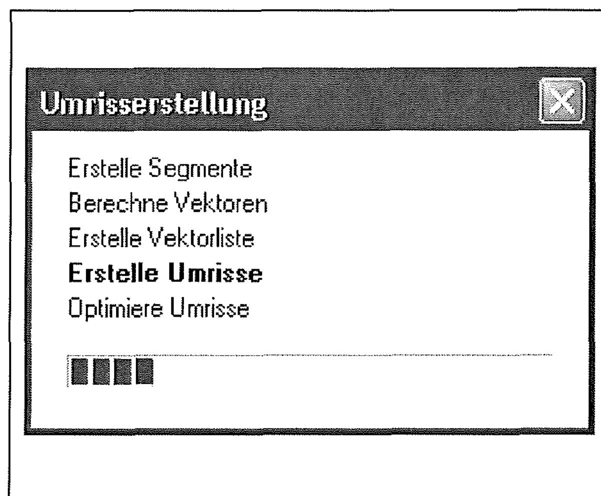

**Figuur 3/8.3.19-30:** Het instellen van de parameters voor het frezen van de bovenlaag K1 van onze print.

- Passbohrungen
  Als u deze optie activeert worden alle freesbestanden voorzien van één tot vier pasgaatjes, waardoor het registeren van de printplaat op de tafel van de freesmachine veel nauwkeuriger

en sneller gaat. De frees zal, bij het starten van een nieuwe job, eerst naar deze registergaatjes gaan en daar de commando's "Pen Down" en "Pen Up" uitvoeren. Op deze manier weet u zeker dat de print goed geregisterd op de freestafel ligt en dat er geen afwijkingen kunnen optreden. Zeker bij het frezen van dubbelzijdige printen is dit een optie waarvan u gebruik moet maken!

- Bohrungen
  In deze dialoogbox kunt u aangeven hoe u de boorgegevens wilt exporteren. Selecteert u de optie "Keine Ausgabe", dan worden geen boorgegevens geëxporteerd, maar alleen de gegevens voor het isolatiekanaal frezen. Selecteert u de optie "Alle Bohrungen in einer Extradatei", dan genereert Sprint Layout één .PLT-bestand waarmee uw freesmachine alle te boren gaatjes boort. Dit is handig als u maar één boordiameter nodig heeft. Selecteert u de optie "Je Durchmesser eine Extradatei", dan maakt het programma een afzonderlijk .PLT-bestand voor iedere boordiameter. In de meeste gevallen zal dit de voor de hand liggende keuze zijn, uw print moet immers waarschijnlijk met diverse diameters worden geboord.

Na klikken op "OK" verschijnt het venster van figuur 3/8.3.19-31 op uw scherm, waarin u de voortgang van het exportproces kunt volgen. Als alle bestanden zijn aangemaakt, kunt u via het Windows-venster "Opslaan als" een directory kiezen waarin u de .PLT-bestanden wilt opslaan. U kiest bovendien een naam voor het freesbestand. De boorbestanden worden automatisch in dezelfde directory opgeslagen onder duidelijke namen als "bohr_60.PLT".



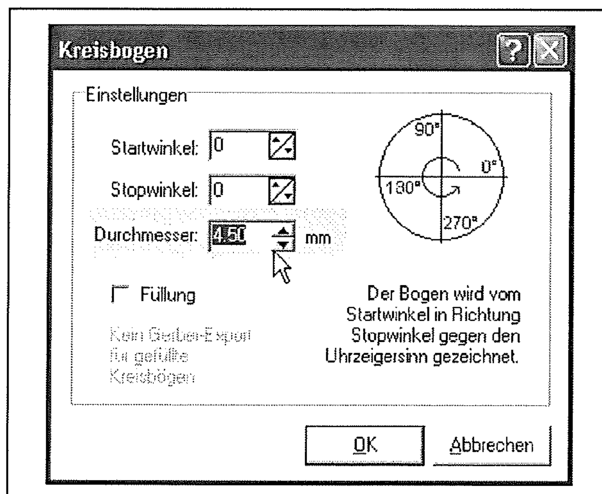

**Figuur 3/8.3.19-31:** In dit venster ziet u de .PLT-bestanden ontstaan.

Nadien kunt u op dezelfde manier het freesbestand voor de onderste zijde van de print maken, waarbij u natuurlijk wel weer eerst de teksten selecteert die "singleline" moeten worden gefreesd. In het venster van figuur 3/8.3.19-30 selecteert u nu uiteraard Layer K2 en u klikt de optie "X-Richtung Spiegeln" aan. Als u, tijdens het frezen, de print omdraait moet u er natuurlijk goed op letten hoe u de gespiegelde print weer op de freestafel legt. Natuurlijk deactiveert u "Zentrierkörnungen für Bohrungen" en bij de booropties selecteert u "Keine Ausgabe". De boorbestanden zijn immers bij de vorige gang reeds aangemaakt. Na "OK" wordt het freesbestand aangemaakt en u kunt het weer onder een eigen naam opslaan bij de overige .PLT-bestanden.

Tot slot biedt Sprint Layout de mogelijkheid een extra bestand aan te maken waarmee u grote gaten uit de print kunt frezen en nadien de complete print uit het basismateriaal kunt frezen. Als u weer even naar ons voorbeeld in figuur 3/8.3.19-28 kijkt, ziet u dat de print een groot gat bevat van 16 mm en vier beves-

tigingsgaatjes van 5,5 mm. Voorwaarde voor het genereren van dit laatste bestand is dat alle elementen die u wilt laten uitfrezen zijn getekend op laag B1 of B2.

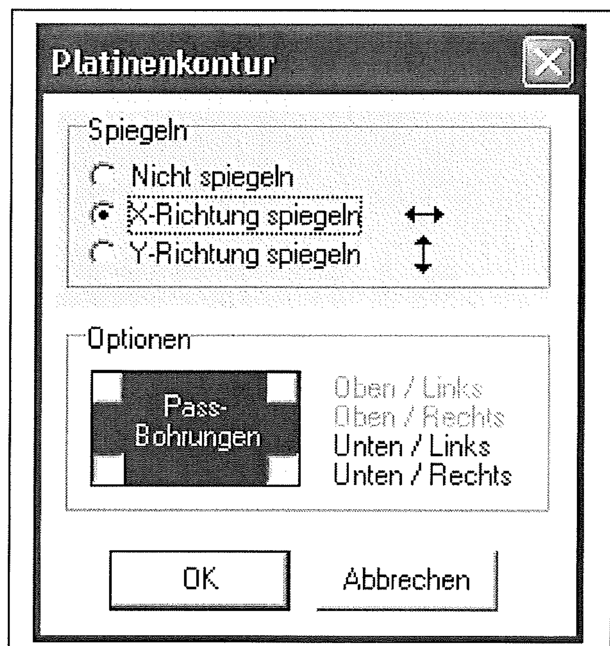
U moet nu de juiste afmetingen van de uit te frezen gaten definiëren. Klik een van de gaatjes aan en klik nadien op de rechter muisknop. In het pop-up venster kiest u voor "Kreisbogen". In het venster van figuur 3/8.3.19-32 kunt u nu de diameter (Durchmesser) van het uit te frezen gat exact bepalen. U moet hierbij uiteraard rekening houden met de dikte van de frees. Stel dat u werkt met een frees van 1 mm. U moet de dikte van de frees van de getekende diameter aftrekken. Het gat was getekend met een diameter van 5,5 mm, dus u moet in het venster 4,5 mm invullen.




**Figuur 3/8.3.19-32:** In dit venster kunt u de diameter van de te frezen gaten exact instellen.

Let er verder op dat Sprint Layout bij het genereren van het freesbestand rekening houdt met de volgorde waarin u de gaten op de print heeft getekend. Het gat dat u het eerst heeft getekend wordt ook het eerst uitgefreesd. Dat houdt in dat u de omtrek van uw print als allerlaatste moet tekenen. Het zal immers wel duidelijk zijn dat het uitfrezen van de print uit het basismateriaal de allerlaatste handeling is die de freesmachine moet uitvoeren.

Klik vervolgens alle elementen aan die u wilt uitfrezen en ga dan, via figuur 3/8.3.19-27 naar de optie "PCB Outline Milling". In het venster "Platinenkontur" van figuur 3/8.3.19-33 kiest u weer voor "X-Richtung spiegeln". De pasboringen worden automatisch overgenomen van de instellingen die u in een eerder stadium heeft gemaakt.



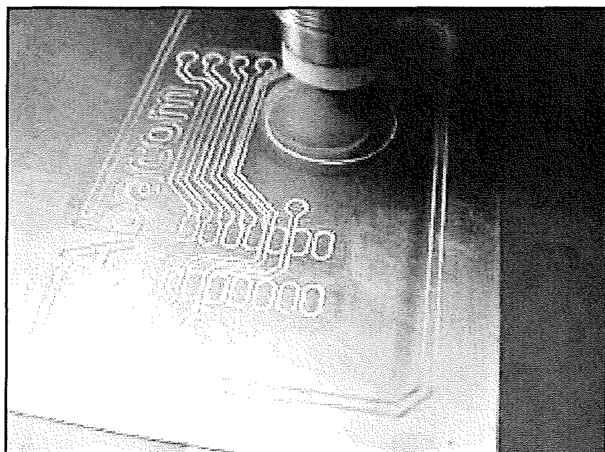

**Figuur 3/8.3.19-33:** In dit venster selecteert u de spiegeling voor het laatste freesbestand.

Na een klik op "OK" wordt het laatste .PLT-bestand aangemaakt, dat u weer onder een eigen naam bij de overige bestanden kunt voegen. U heeft nu bijvoorbeeld de volgende bestanden op de harde schijf staan:

– voorkant.PLT;

- bohr_60.PLT;
- bohr_80.PLT;
- achterkant.PLT;
- contour.PLT.

Deze bestanden kunt u nu, in de juiste volgorde, een na een aan uw freessoftware aanbieden. Na het verwerken van bohr_80.PLT moet u uw print in de juiste richting omdraaien en kunt u verder gaan met het isolatiekanaal frezen van de achterkant en het uitfrezen van de gaatjes.
In figuur 3/8.3.19-34 ziet u de eerste arbeidsgang. U ziet, rechts onder, de positie van het pasgaatje dat de frees heeft gemaakt en dat u voor alle volgende gangen als referentiepunt moet kiezen.

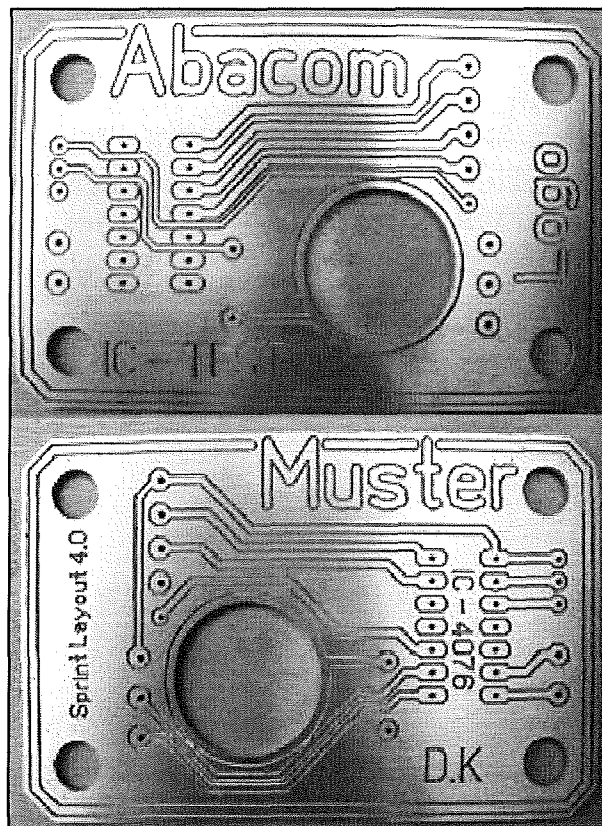


**Figuur 3/8.3.19-34:** De eerste arbeidsgang: op de bovenkant van uw print worden de isolatiekanaaltjes en het pasgaatje gefreesd.

In figuur 3/8.3.19-35 ziet u het resultaat: uw print is soldeerklaar!

# Additionele software

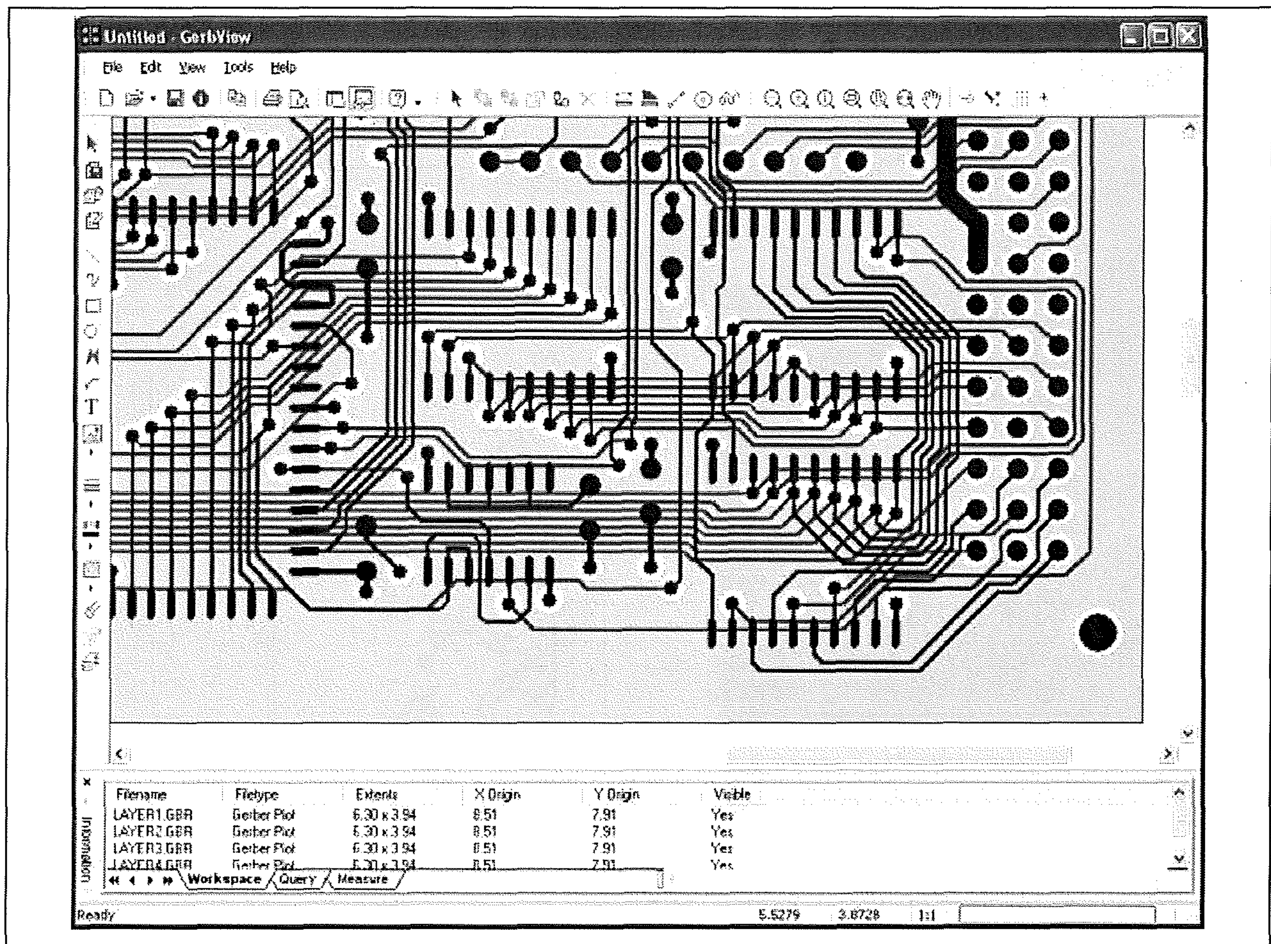
**GerbView**
GerbView is een handige utility, waarmee u onder andere uw .PLT- of Gerberbestanden kunt bekijken voordat u ze naar uw freessoftware stuurt. Zoals de naam reeds doet vermoeden is het programma een viewer, dat betekent dat u uw ontwerpen niet kunt editten. Maar, u kunt bijvoorbeeld wél extreem zoomen, waardoor u heel nauwkeurig kunt bekijken of uw isolatiekanaaltjes nergens te breed of te smal zijn. Is dat het geval, dan kunt u, met betere instellingen, nieuwe .PLT-bestanden door uw printontwerp software laten genereren.




**Figuur 3/8.3.19-35:** De twee zijden van de print zijn klaar.

Zoals uit het venster van GerbView, voorgesteld in figuur 3/8.3.19-36, blijkt heeft het programma een heleboel knoppen en menu-opties. De meeste daarvan zijn voor het bekijken van .PLT-bestanden niet van belang.

**8.3 Van schema tot kant en klare print**



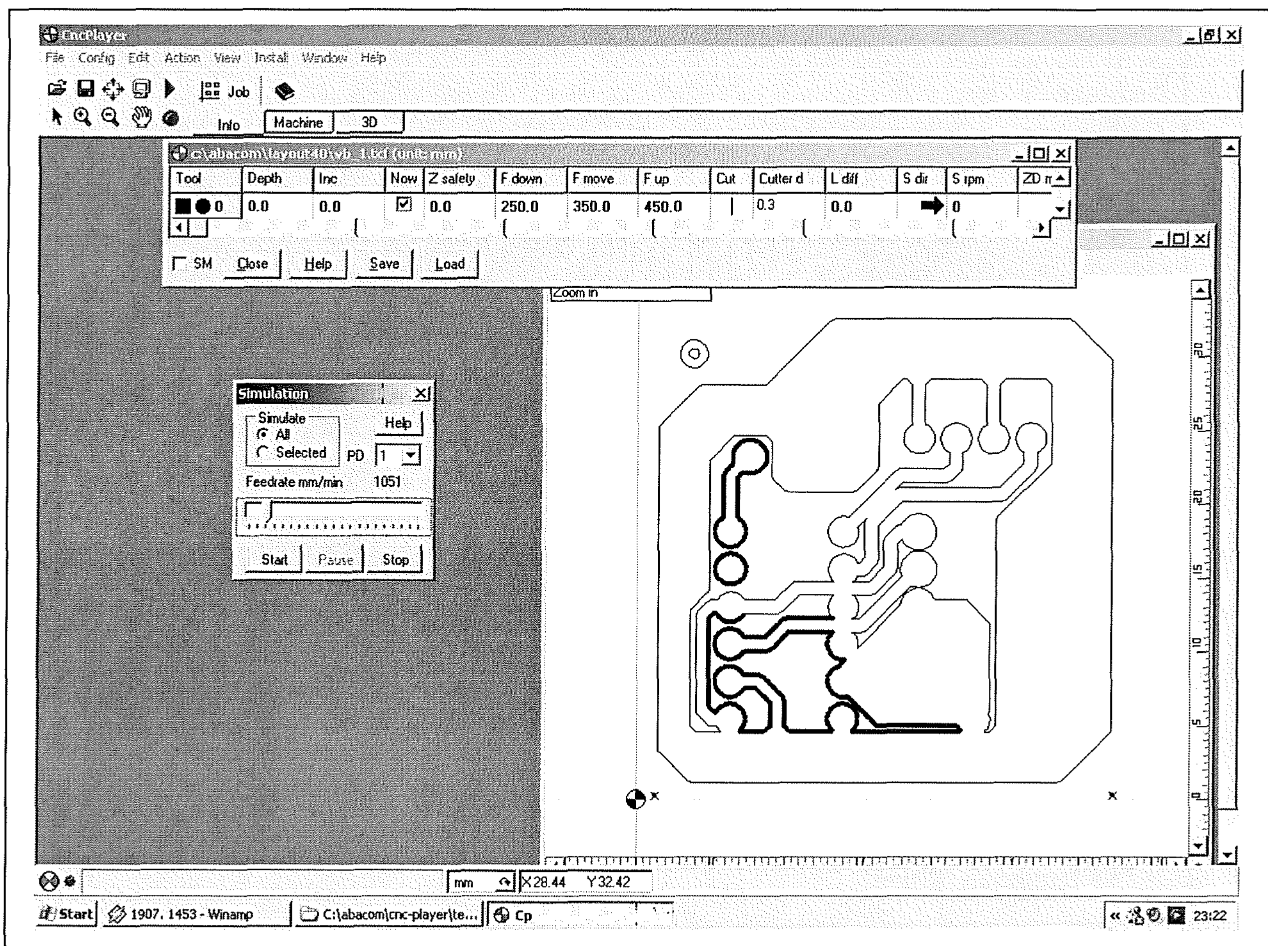

**Figuur 3/8.3.19-36:** Het venster van GerbView met de vier Gerber-bestanden van één printontwerp.

Heel handig is dat u diverse bestanden kunt openen die dan over elkaar heen worden geprojecteerd met dezelfde X/Y-oorsprong. Op deze manier kunt u snel onderzoeken of u uw bestanden goed heeft geregisterd. Onder het venster ziet u een lijstje staan, waarin alle geopende bestanden worden opgenomen. U kunt met een druk op de knop de bestanden zicht- of onzichtbaar maken.
Het programma importeert Gerber-, PLT- en Excellon-bestanden en exporteert deze bestanden desgewenst weer naar diverse raster- en vectorformaten, zoals TIF, DWF, PDF, BMP, PNG en JPG. Verder kunt u dergelijke bestanden over uw printontwerpen projecteren, waardoor u bijvoorbeeld heel snel een bedrijfslogo op uw print kunt zetten en het totaal dan weer onder de vorm van een .PDF-bestand op uw internetsite kunt publiceren.

**CNC-Player**

Met het Duitse programma CNC-Player kunt u het freesproces simuleren op uw beeldscherm. De print wordt op het scherm "gefreesd" op dezelfde manier en in dezelfde volgorde als de frees van uw freesmachine dat zal doen. Op deze manier krijgt u nog eens een extra controle op het uiteindelijke proces. U laadt, zie figuur 3/8.3.19-37, een .PLT-bestand.

**8.3 Van schema tot kant en klare print**



**Figuur 3/8.3.19-37:** Met CNC-Player kunt u het freesproces op uw beeldscherm simuleren.

Vervolgens kiest u de diameter van uw frees. In het "Action"-menu kunt u de optie "Simulation" aanklikken. In het venstertje "Simulation" kunt u vervolgens de snelheid van de simulatie instellen. Na een druk op de knop "Start" ziet u als het ware de frees over uw ontwerp kruipen, dit wordt weergegeven door een zwarte lijn waarvan de dikte afhangt van de freesbreedte die u heeft ingesteld. In het voorbeeld in figuur 3/8.3.19-37 ziet u heel mooi de twee pasgaatjes, die Sprint Layout in het ontwerpje heeft opgenomen.
CNC-Player is een zeer handig programma en download en aanschaf is ten zeerste aan te bevelen!

# Freessoftware

### Inleiding

Er is heel veel freessoftware in de handel, zo veel dat het heel moeilijk wordt om een goede keuze te maken. Als u een kant en klare machine koopt, dan wordt freessoftware meegeleverd die volledig is afgestemd op de machine. Maakt u uw freesmachine en de besturingselektronica zélf, dan zult u met een aantal programma's moeten experimenteren.

### DOS of Windows?

Opmerkelijk is dat een aantal leveranciers van freesmachines zweert bij "ouderwetse" DOS-programmatuur. Dat

**8.3 Van schema tot kant en klare print**

heeft een goede reden. Bij het frezen van een print moet de software continu gegevens via de parallelle of de seriële poort naar de freesmachine sturen. Als deze gegevensstroom wordt onderbroken kunnen er vreemde dingen gebeuren. Als u uw PC in DOS-modus opstart worden er meestal geen residente programma's geladen, zodat de freessoftware het rijk alleen heeft. Dat gaat natuurlijk heel anders onder Windows. Bij het opstarten van het systeem laadt Windows tientallen hulpprogramma's die in de achtergrond hun werk doen. Bovendien heeft u misschien zélf ook nog wat handige utilities geïnstalleerd, die zichzelf automatisch opstarten bij de initialisatie van uw systeem. Het is dan maar helemaal de vraag of het systeem niet af en toe via een interrupt heel even uw freesprogramma onderbreekt om de processor een andere taak te laten uitvoeren.
De ontwerpers van onder Windows werkende freesprogramma's beweren natuurlijk dat zij dit probleem hebben opgelost en dat hun software uw freesmachine altijd betrouwbaar aanstuurt. Tóch waarschuwen ook zij dat u uw freesmachine alleen mag aanzetten nadat de software draait en dat u uw Windows-PC nooit mag opstarten nadat uw freesmachine gebruiksklaar is. Bij het initialiseren van uw PC stuurt Windows namelijk signalen naar de parallelle en seriële poorten om te testen of daar iets op is aangesloten. De freesmachine kan deze signalen interpreteren als besturingssignalen en de frees kan ongewenste bewegingen uitvoeren.

### PC-NC

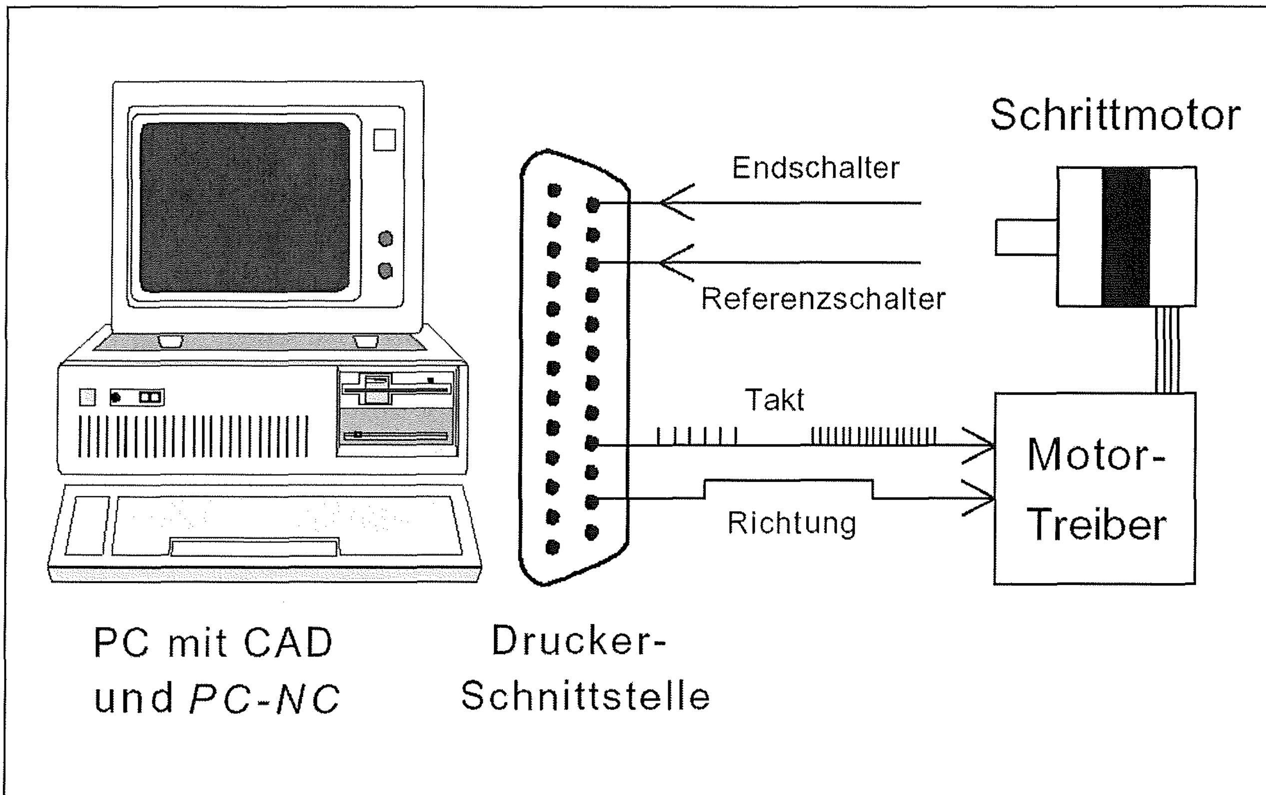
Een programma dat door diverse leveranciers van bouwpakketten en ook door Abacom wordt aanbevolen is PC-NC. Dit programma bestaat in twee versies, één voor DOS en één voor Windows. Tussen beide programma's bestaan nogal wat verschillen, reden waarom wij er twee afzonderlijke paragraafjes aan besteden.

### PC-NC DOS

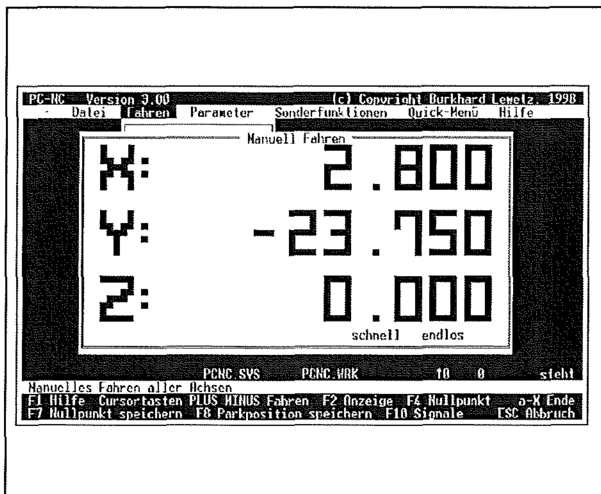
De DOS-versie van het programma stuurt rechtstreeks, zonder extra elektronica, via de parallelle poort van uw PC drie stappenmotoren aan, zie figuur 3/8.3.19-38. Per motor levert de parallelle poort twee signalen, een draairichtingssignaal en een signaal dat het aantal stappen bepaalt. De motoren kunnen twee signalen retour sturen, namelijk van een referentieschakelaar en van een eindschakelaar. Op deze manier is de software in staat te bepalen wat het nulpunt van het coördinatenstelsel is en zorgt het systeem ervoor dat de motoren nooit buiten hun bereik worden gestuurd.
Hoewel het venster natuurlijk een typisch "ouderwetse" DOS-look heeft, zie figuur 3/8.3.19-39, kunt u het programma tóch op een moderne manier bedienen. Zo heeft u de beschikking over pull-down menu's, eenvoudige bediening via het toetsenbord of joystick, instelvensters en een hulpfunctie.
Het programma kan de onderstaande bestanden omzetten in freesbesturing:
- HPGL (.PLT-bestanden);
- Sieb&Mayer;
- Excellon;
- DIN 66025 (G-Code).

De voornaamste specificaties van PC-NC zijn:
- grafische weergave van de te frezen of te boren bestanden, zie figuur 3/8.3.19-40;
- ook bruikbaar op oeroude PC's met 386 processor;

## 8.3 Van schema tot kant en klare print




**Figuur 3/8.3.19-38:** De aansturing van uw stappenmotoren via de parallelle poort.




**Figuur 3/8.3.19-39:** Het werkvenster van de DOS-versie van PC-NC.

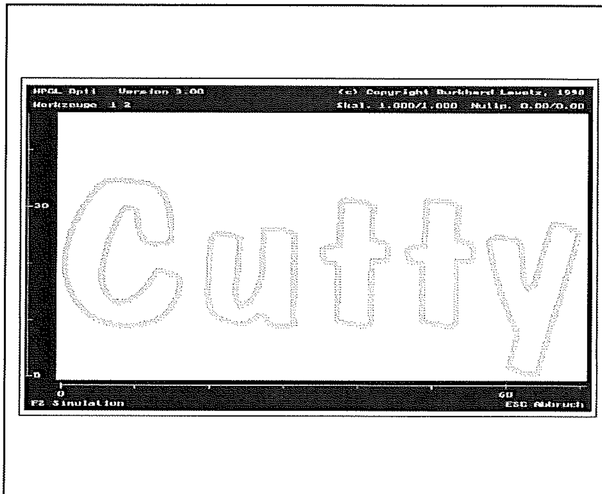
- maximale stapfrequentie 30 kHz;
- snelheden van de drie assen individueel instelbaar;
- zeer uitgebreide instellingen van diverse werktuigen;
- extra signalen voor het aansturen van koelvloeistof pomp, boorspindel en snelheidsboost;
- automatische correctie van de freesdiameter;
- macro's voor complexe besturingen;
- aansturing van freesmachines die over een automatische freeswisseling beschikken;
- bestuurbare snelheid van de freesmotor;
- een comfortabele editor voor .PLT-bestanden als extra aanwezig.

**Win PC-NC**

Zoals uit figuur 3/8.3.19-41 blijkt, werkt dit programma alleen samen met een kastje vol extra hardware, CNC-Control genoemd. De reden is simpel. De makers van Win PC-NC zijn ervan overtuigd dat Windows niet geschikt is voor de hon-

**8.3 Van schema tot kant en klare print**

derdprocentige multitasking die een continue sturing van stappenmotoren vereist.

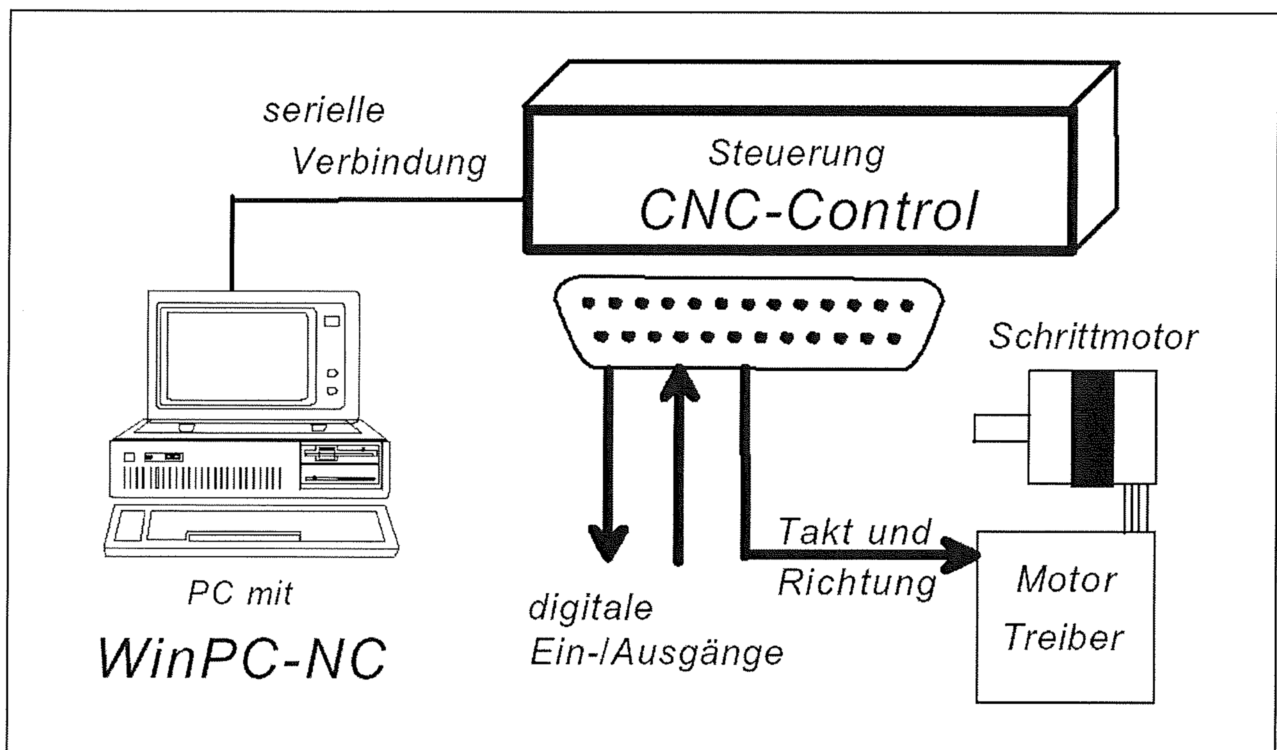



**Figuur 3/8.3.19-40:** Op deze manier kunt u boor- en freesbestanden in het venster van PC-NC DOS bekijken.

De elektronica in CNC-Control zorgt als het ware voor een buffer, waar uw PC gegevens naar toe stuurt en die nadien als een continue datastroom naar de stappenmotoren van uw freesmachine worden gestuurd.

De voornaamste specificaties van Win PC-NC zijn:

- intuïtieve bediening;
- bruikbaar vanaf Windows 95;
- stapfrequentie instelbaar tot maximaal 50 kHz;
- importfilters voor HPGL, Excellon, Sieb&Mayer, MultiCAM, DIN, IselNCP en EPS/AI;
- dank zij de extra hardware is echte multitasking gegarandeerd, terwijl Win PC-NC bezig is een print te frezen kunt u met een ander programma verder werken;

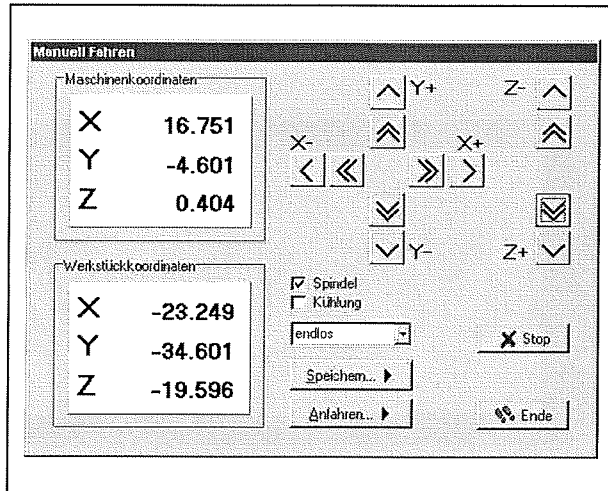



**Figuur 3/8.3.19-41:** Als u met Win PC-NC werkt, heeft u extra hardware nodig onder de vorm van CNC-Control.

- alle parameters van alle assen van uw machine zijn heel nauwkeurig in te stellen;
- diverse extra signalen staan ter beschikking die u vrij kunt programmeren, bijvoorbeeld voor het analoog aansturen van de snelheid van uw freesmachine (0 V tot 10 V uitgang);
- uitbreidbaar met optisch gekoppelde uitgangen;
- comfortabele editor voor bijvoorbeeld uw .PLT-bestanden;
- uitstekende grafische weergave van uw bestanden met zoomfuncties en de mogelijkheid afstanden en breedtes nauwkeurig te meten;
- real-time indicatie van de machine- en de werkstukcoördinaten, zie figuur 3/8.3.19-42;
- intelligente baanbesturing in X- en Y-richting, waarbij de software volledig zelfstandig de snelste methode zoekt om uw print te frezen of te boren;
- intelligente snelheidsbesturing in X- en Y-richting, waardoor de stapsnelheid wordt aangepast aan de afstand die de freeskop moet afleggen, met andere woorden, moet de freeskop opeens een grote X- en/of Y-afstand afleggen, dan wordt de snelheid verhoogd.

**CNC-Control**

Dit apparaat, voorgesteld in figuur 3/8.3.19-43, bevat een embedded-PC van het type 486 met een klokfrequentie van 100 MHz. In principe is het apparaat in staat vier stappenmotoren aan te sturen. De ingangsgegevens kunt u aanvoeren via een normale seriële poort van uw PC of via een FieldBus. De uitgangssignalen worden onder de vorm van TTL-signalen via een 25-polige Centronics-connector aan de elektronica van de stappenmotoren aangeboden.



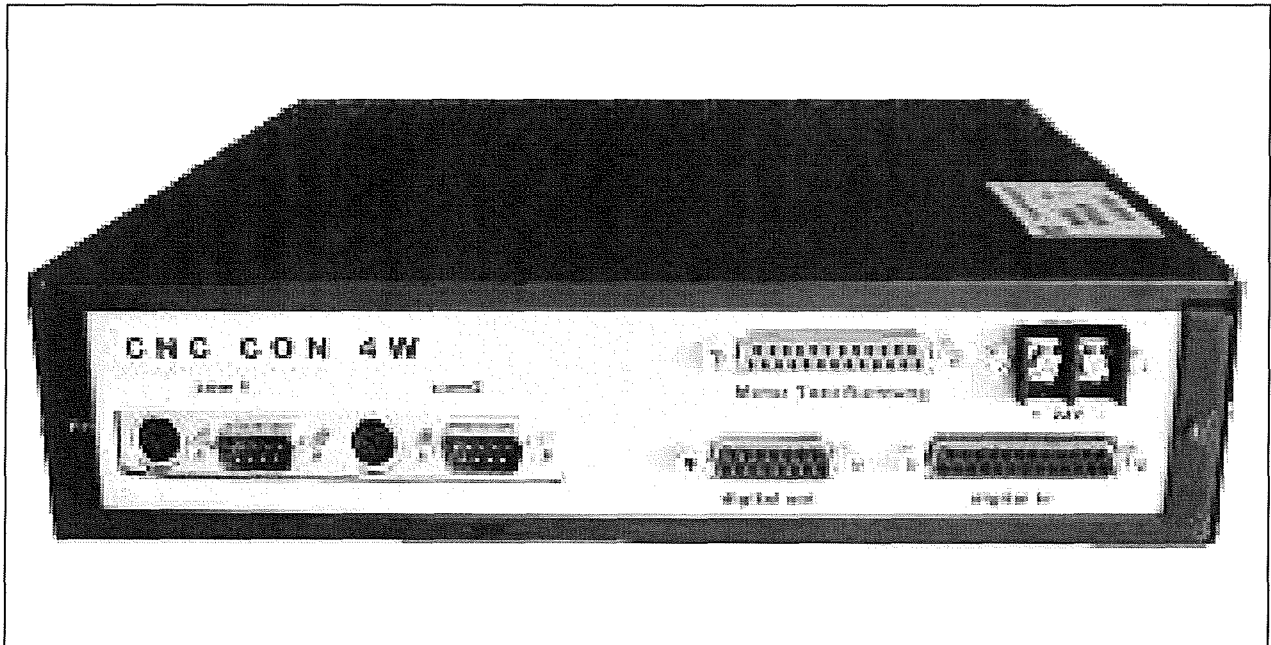

**Figuur 3/8.3.19-42:** In dit venster worden alle coordinaten heel nauwkeurig weergegeven.

Daarnaast bezit het apparaat acht vrij definieerbare optisch geïsoleerde uitgangen en zestien vrij definieerbare optisch geïsoleerde ingangen. Deze in- en uitgangen kunnen maximaal 24 V leveren of met dezelfde spanning worden aangestuurd.
Het apparaat wordt geleverd met gebruiksvriendelijke configuratiesoftware, zie figuur 3/8.3.19-44, waarmee u alle parameters van de in- en uitgangen kunt instellen. Bovendien kunt u, via een testoptie, alle geconfigureerde parameters testen.

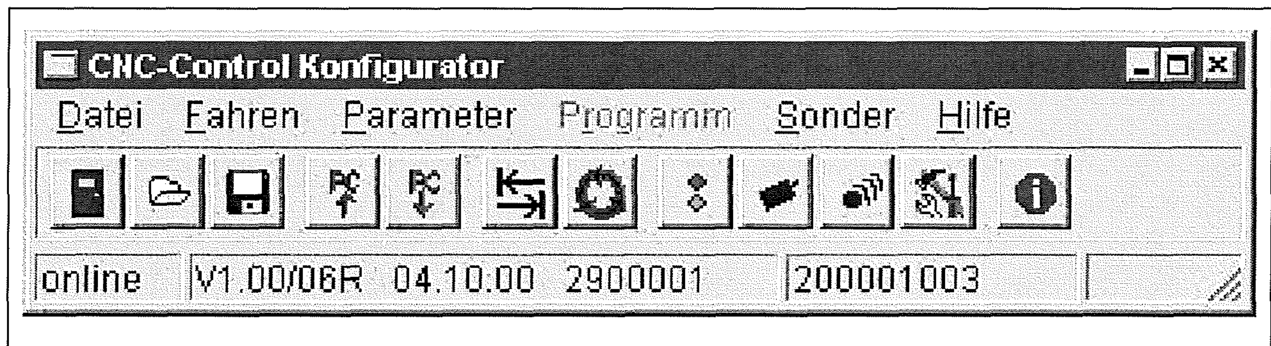
# Internetbronnen

- Franklin Industries
  www.franklin-industries.com
- Huber GmbH
  www.bewegen.at
- MDA Elektronica
  www.mdaelektronica.nl

**8.3 Van schema tot kant en klare print**




**Figuur 3/8.3.19-43:** De CNC-Control interface van Lewetz.




**Figuur 3/8.3.19-44:** De configuratiesoftware die bij de CNC-Control wordt geleverd.

- Bungard Elektronik GmbH
  www.bungard.de
- Hobbyshop24
  www.hobbyshop24.com
- 2004 All
  www.2004all.com
- Radix GmbH
  www.radixgmbh.de
- Eagle
  www.cadsoft.de
- Sprint Layout
  www.abacom-online.de
- GerbView
  www.softwarecompani-ons.com/gerbview.html
- CNC-Player
  www.cncplayer.com
- PC-NC
  www.lewetz.de

## 8.3 Van schema tot kant en klare print

# 3/8.4

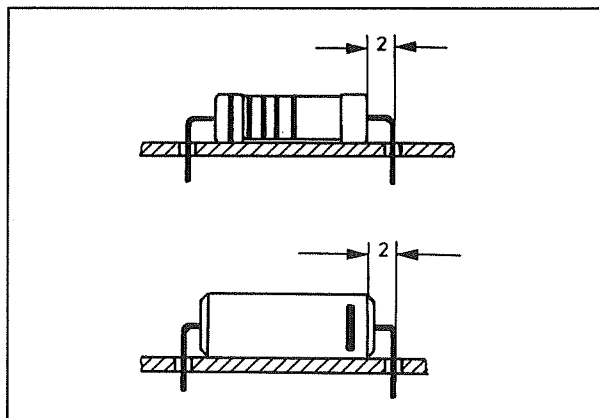
# Het aanbrengen en verwijderen van componenten op printplaten

Voor het uitsolderen van componenten uit gedrukte bedradingen is een goede, niet te zware soldeerbout nodig, alsook een soldeertinzuiger. Bij defecte componenten kan men dikwijls beter eerst de pootjes doorknippen en deze daarna pas met soldeerbout en tinzuiger te lijf gaan. Nooit rukken of hard trekken en zo kort mogelijk verwarmen om de printsporen niet te beschadigen.
Bij het uitsolderen altijd eerst de tinafzuiger spannen, dan verwarmen, tot de tin vloeit en daarna de knop op de afzuiger indrukken om de tin weg te zuigen. Pas als alle tin is weggezogen en de component los op de print zit deze voorzichtig verwijderen.

## Benodigd gereedschap

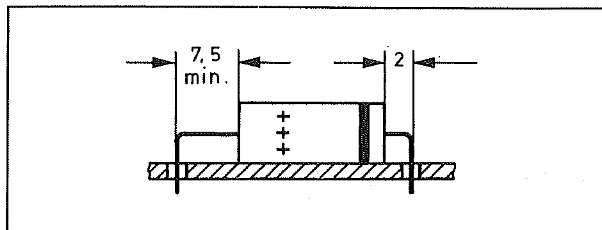
1 zijkniptang.
1 kopkniptang.
1 draadstriptang.
1 tang met omgebogen punt.
1 rechte tang.
1 gebogen pincet.
1 soldeerbout 30W, met verwisselbare stift. De stift moet van het net zijn gescheiden en de stift moet geaard zijn. Dit laatste is absoluut noodzakelijk voor het solderen van MOS-schakelingen.
1 soldeertingzuiger.
1 kwastje of borstel.
1 IC-trekker.
1 rol fijn soldeertin met laag smeltpunt en harskern.
1 spuitbus flux-remover.

**Weestanden:**
Zowel kool- als metaalfilm-weerstanden monteren zoals aangegeven op onderstaande figuur. Draadgewonden weerstanden, die meestal meer vermogen dissiperen kan men beter 1 à 2 mm boven de print monteren om te voorkomen, dat de print te warm wordt.

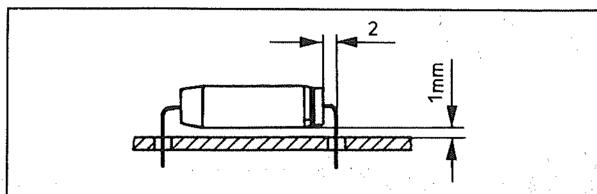



**Condensatoren.**
Condensatoren worden gemonteerd zoals onderstaande figuren laten zien. Alle andere typen condensatoren worden op 1 à 2 mm hoogte van de print gemonteerd. De steeds minder vaak voorkomende radiale elco's behoeven geen uitleg. Voorkom overhitting van condensatoren bij het insolderen.

## 8.4 Het aanbrengen en verwijderen van componenten op printplaten



Tantaal-elco

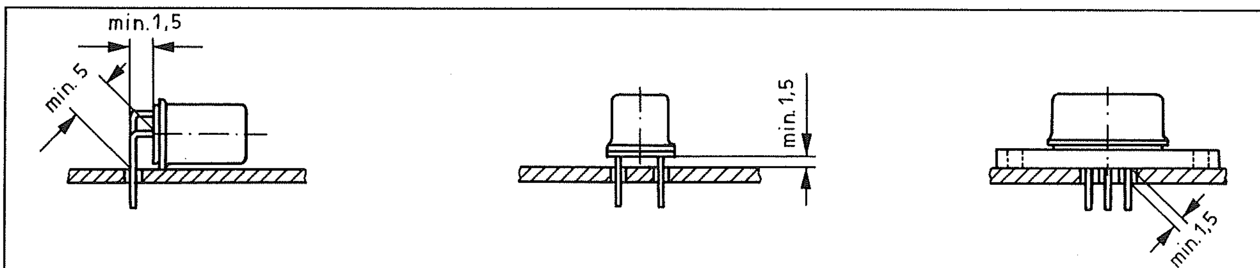


Styroflex condensator

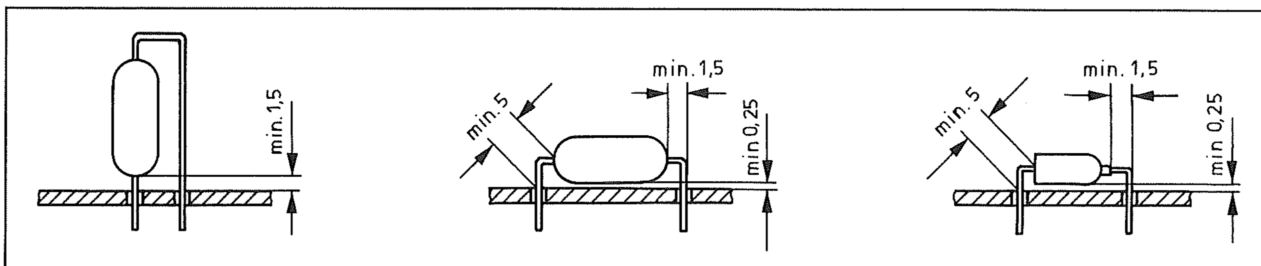
## Halfgeleiders

Zoals op onderstaande tekeningen is te zien moeten bepaalde minimum pootlengten in acht worden genomen. Ook moet een bepaalde afstand tussen print en halfgeleider worden aangehouden, zodat er lucht onder kan circuleren, waardoor de halfgeleider zijn warmte kwijt kan. Altijd halfgeleiders zo kort mogelijk solderen. Het kan helpen het te solderen pootje met een punttang vast te houden, zodat een deel van de warmte daardoor kan worden afgevoerd.

### 1) Halfgeleiders in een metalen behuizing.

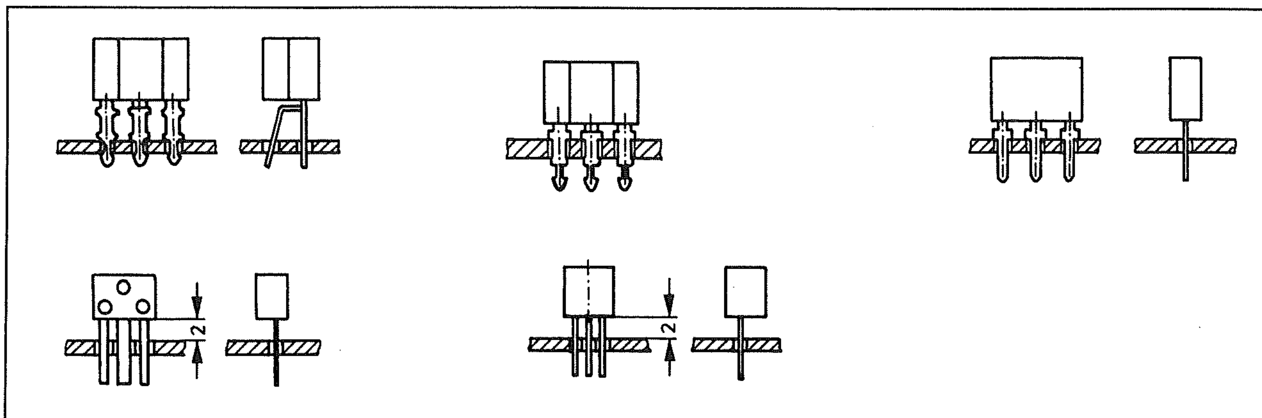



### 2) Halfgeleiders in glazen of plastic behuizing. (diodes)



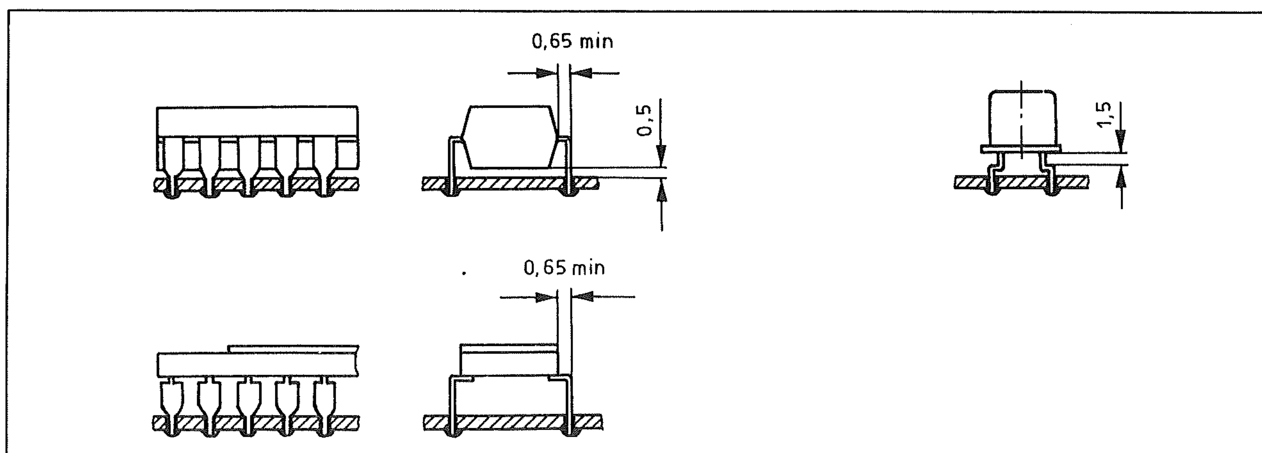
**8.4 Het aanbrengen en verwijderen van componenten op printplaten**

## 3) Andere halfgeleiders in een plastic behuizing.




### Geïntegreerde schakelingen (IC's)

Voor IC's gelden in wezen dezelfde regels als voor de andere halfgeleiders. Voor CMOS en MOS schakelingen moet men nog een aantal andere zaken in acht nemen. Tussen soldeerbout en IC mag geen (statische) spanning aanwezig zijn. Daartoe moet zowel de soldeerbout als de print geaard zijn. Ook moet voorkomen worden dat men zelf statisch is geladen. Dus eerst aarde aanraken voor men de component opneemt. Ook nog op elco's aanwezige spanningen kunnen gevaar opleveren. Eventueel aanwezige kortsluitingen van de component die voor transport aanwezig zijn pas op het laatste moment verwijderen. Nog een tip voor het solderen van IC's. Om te voorkomen dat het IC te heet wordt door de cumulatief opgeslagen warmte. Bij het solderen van de achtereenvolgende pootjes verdient het aanbeveling bij het solderen van de print niet alle pootjes van een IC na elkaar af te werken, maar om en om de ene, dan de andere zijde van het IC en zelfs bij het solderen van meerdere IC's telkens een pootje van een ander IC. Een pootje van een IC in geen geval langer dan 10 sec achter elkaar verwarmen.
De onderstaande figuur geeft wat maten en verduidelijking van de montage methode.



## 8.4 Het aanbrengen en verwijderen van componenten op printplaten

# 3/8.5

# Nuttige tips bij het zelf maken van printen

## Directe methode

Als van te voren vaststaat, dat u van de door u ontworpen schakeling slechts één exemplaar gaat maken, is het niet noodzakelijk een hoogwaardige printtekening te fabriceren, of een print op kunststoffolie te maken. In dit geval kunt u de print-layout met potlood op gewoon ruitjespapier tekenen. Natuurlijk moet ook bij deze tekening op de afmetingen van de onderdelen worden gelet. Zorg voor soldeereilanden van voldoende afmeting. Denk erom, dat de layout de soldeerzijde weergeeft. Als de tekening gereed is en bovendien gecontroleerd op vergissingen, dan wordt de op maat gemaakte pertinax- of epoxy-print met de koperzijde op de achterkant van de tekening bevestigd met behulp van plakband, zodat de tekening quasi de koperzijde van de print voorstelt. Met een hamer en een scherpe priem worden nu de toekomstige boorgaten voor de componenten aangetikt. Dit heeft meerdere voordelen. Ten eerste verkrijgen we op de print duidelijke referentiepunten. Deze referentiepunten zijn ons behulpzaam bij het met een etsvaste viltstift tekenen van de printsporen op de koperzijde van de print. Ten tweede is het boren door de voorgepriemde (gecenterde) gaten straks veel gemakkelijker. Als alle gaten zijn voorgecenterd, dan verwijdert men de tekening en tekent alle printsporen met een etsvrije viltstift op de print. Het lijkt misschien wat omslachtig, maar de ervaring leert, dat op deze wijze zeer nette printen zijn te maken. Wel verdient het de voorkeur epoxyprint te gebruiken, omdat in pertinax nogal makkelijk haarscheurtjes ontstaan bij het centeren.

## Serie-productie

Bij kleine series zal men er niet aan ontkomen de fototechniek te hulp te roepen. De layout van de print moet aan hogere eisen voldoen om zuivere printen met mooie strakke printsporen te krijgen. Het best kunt u eerst de printlayout op ruitjespapier tekenen en deze dan overnemen op transparant papier. Voor de plaatsen waar de componentengaten moeten komen en voor de IC-voetjes kunt u het best de bekende afwrijf- of plak-symbolen gebruiken. Daarna worden de printsporen met in de handel verkrijgbare viltstiften op het transparantpapier getekend. Eventuele fouten kunnen nog worden gecorrigeerd met een scheermesje. Als de gehele layout op deze wijze op het transparantpapier is overgebracht en gecontroleerd, dan kan de transparant rechtstreeks worden gebruikt voor het belichten van de fotogevoelige print. Vergeleken met de heldere printfolies, zoals u die in deel 4 van 'Hobby-Elektronica' vindt, moet de belichtingstijd minstens twee maal zo lang zijn.

**8.5 Nuttige tips bij het zelf maken van printen**

Bij het tekenen moet u eraan denken dat u de tekening zo maakt, dat bij de belichting de beschreven zijde van de transparant tegen de van fotogevoelige lak voorziene zijde van de print komt te liggen. De transparant moet zeer goed contact maken met de print, over het gehele oppervlak. Vertaald naar soldeerzijde/koperzijde wil dit zeggen dat de print-layout de componentenzijde van de print moet voorstellen, omdat de inktzijde van de transparant tegen de koperzijde van de print komt. De resultaten van deze werkwijze mogen over het algemeen gezien worden. De printsporen zijn strak en de print ziet er professioneel uit.

### Ontwikkelen van de print zonder exacte dosering van ontwikkelaar

Slechts weinig elektronica hobbyisten beschikken over een weegschaal waarop nauwkeurig de noodzakelijke 7 gram ontwikkelaar per liter is af te wegen. Toch is met de volgende methode een goede dosering te bereiken. Bij het belichten van de print kan men een aantal afvalstrookjes, die men heeft bewaart, meebelichten. Voor het ontwikkelen is 0,5 liter water met 3,5 gram ontwikkelaar meestal voldoende. Alleen voor grote prints is misschien een liter nodig. Hoe minder u gebruikt, des te beter voor het milieu! Na het belichten legt u een van de meebelichte afvalstrookjes in een kunststof schaal met 0,5 liter water erin. Nu voorzichtig wat ontwikkelaar in het water strooien, maar niet op de plaats waar het afvalstrookje zich bevindt. Met een plastic lepel de ontwikkelaar voorzichtig door het water roeren. Bij een bepaalde concentratie van de ontwikkelaar ziet u plotseling hoe de ontwikkeling inzet. Nu kan men naar behoefte de concentratie nog wat verhogen. Daarna legt u een tweede afvalstrookje in de ontwikkelaar. Als u tevreden bent over het resultaat van de ontwikkeling van dit strookje, kunt u met een gerust hart de uiteindelijke print ontwikkelen. Het verdient aanbeveling bij deze methode een voldoende grote kunststofschaal te gebruiken, zodat geen korreltjes niet opgeloste ontwikkelaar (die bijvoorbeeld tegen de rand van de schaal zitten) op de te ontwikkelen print terecht komen.

### Gebruik van amoniumpersulfaat als etsmiddel

Amoniumpersulfaat heeft ten opzichte van ijzer-tri-chloride enige grote voordelen. In onverzadigde toestand is amoniumpersulfaat een heldere doorzichtige vloeistof, waardoor het verloop van het etsproces nauwkeurig in de gaten kan worden gehouden. Daarentegen is ijzer-tri-chloride altijd troebel bruin. In verzadigde toestand wordt amoniumpersulfaat donkerblauw, terwijl ijzer-tri-chloride bijna onmerkbaar wat donkerder bruin wordt. Aangezien de etstijden bij beide etsmiddelen nauwelijks verschillen zijn er eigenlijk alleen maar voordelen bij het gebruik van amoniumpersulfaat in plaats van ijzer-tri-chloride. Bij diverse elektronica handelaren is amoniumpersulfaat verkrijgbaar, zowel in 1 kg en 2 kg zakken als in kunststof flessen, waarvan de inhoud moet worden opgelost in 0,5 liter water (Conrad Electronic / De Windmolen postorders).

Ook voor amoniumpersulfaat geldt hetzelfde als voor ijzer-tri-chloride, voorzichtig met uw handen!

### Voorzorgen tegen oxidatie van de koperzijde

Als de tijd tussen het onwikkelen en etsen van de print wat lang is kan het gebeuren dat de koperlaag van de print alle kleuren

van de regenboog gaat vertonen. Als men een dergelijke print gaat etsen, zal het resultaat betreurenswaardig zijn.

Hoe voorkom je dit verkleuren? Op de eerste plaats is dat al op te maken uit de bovenstaande paragraaf. Hou de tijd tussen ontwikkelen, afspoelen en etsen zo kort mogelijk! Echter als dat niet mogelijk is, leg dan de ontwikkelde maar nog niet geëtste print in het water. Zelfs na dagen kan een op die wijze bewaarde print nog zonder problemen worden geëtst. In het water komen namelijk zeer weinig vrije zuurstof-atomen voor. Dit in tegenstelling tot lucht. De vrije zuurstof reageert met het koper. Het gevolg is de bekende veelkleurige oxidelaag die het koper bedekt, waardoor het niet meer met het etsmiddel in aanraking kan komen. De zuurstof in water is reeds chemisch gebonden aan waterstof.

Leg maar eens een strookje printplaat half in en half boven het water. Laat het een paar uur liggen en probeer dan de print te etsen. Zelfs dan al wordt het deel dat onder water heeft gelegen veel sneller en beter geëtst, dan het deel dat aan de lucht blootgesteld is geweest.

### Ontbramen van de boorgaatjes

Na het boren blijft er meestal een braampje staan. Soms veroorzaken deze braampjes kortsluiting tussen twee kopereilandjes. De braampjes aan de koperzijde van de print moeten dus verwijderd worden. Als de gaten met een 1 mm boortje zijn geboord, kan men het best met de hand met een boortje van 3 mm voorzichtig de braampjes verwijderen. Niet te hard drukken, anders kan men het eilandje niet meer solderen.

### Verwijderen van de lak van de geëtste print

De printsporen op de geëtste print zijn nog bedekt met een laagje onbelichte fotogevoelige lak. Deze lak kan men verwijderen met fijn staalwol. Er is echter ook een andere mogelijkheid, waarbij de print meestal wat fraaier blijft. Los 30 gram etsmiddel op in 1 liter water. In deze relatief hoge concentratie lost ook de onbelichte fotolak op. Natuurlijk moet de print er niet te lang in blijven. Voorkom aanraking van de huid met de etsoplossing en spoel de print met ruim water na.

## 8.5 Nuttige tips bij het zelf maken van printen

# 3/8.6

# SMA, Surface Mounted Assembly

## Inleiding

**De zevende elektronische revolutie?**
De historische ontwikkeling van de elektronica wordt gekenmerkt door zes belangrijke mijlpalen.
- De ontwikkeling van de elektronenbuis
  Hierdoor werd het mogelijk signalen te versterken en actief te bewerken.
- De introductie van de printmontage
  Voor het eerst werd het mogelijk schakelingen seriematig en half automatisch te produceren met zeer nauwe toleranties.
- De ontwikkeling van de transistor
  Schakelingen konden veel en veel kleiner worden gebouwd, met als tweede belangrijke voordeel veel minder vermogendissipatie en veel lagere voedingsspanningen.
- De ontwikkeling van de hybridetechnologie
  Bepaalde basisschakelingen konden in één kleine eigen behuizing worden ondergebracht, waarbij weerstanden op een ceramische drager werden opgedampt en de overige componenten nadien op de printsporen werden gesoldeerd.
- De ontwikkeling van de geïntegreerde schakeling
  Volledige schakelingen, die voordien op een grote printplaat moesten worden gemonteerd, konden op één zeer klein silicium plakje worden gefabriceerd.
- De ontwikkeling van de microprocessor
  Met de introductie van de microprocessor werd het statische karakter van een elektronische schakeling doorbroken. Een en dezelfde schakeling kon, afhankelijk van de software, gebruikt worden voor het uitvoeren van zeer verschillende taken.

Waarschijnlijk zal men binnen tien jaar de introductie van de SMA, de Surface Mounted Assembly, een even belangrijke stap in de ontwikkeling van de elektronische technologie noemen als de geschetste zes eerdere mijlpalen.

**Wat is SMA?**
SMA betekent, letterlijk vertaald, “oppervlakte montage”.
Speciale onderdelen, zogenaamde SMD’s of “Surface Mounted Devices”, worden niet met aansluitdraden of -pennetjes door gaatjes in een print gemonteerd en op de achterzijde vast gesoldeerd. SMD’s hebben geen aansluitdraden maar uiterst kleine contactvlakjes. De onderdelen worden op de koperzijde van de print vast gelijmd en nadien in één productiestap vast gesoldeerd op de koperen geleiders van de print.

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**

Hierdoor wordt het mogelijk de productie van elektronische schakelingen volledig te automatiseren.
De lopende band wordt aan de ene zijde gevoed met lege printen en levert aan de andere kant kompleet gemonteerde, gesoldeerde en geteste schakelingen af. Het volledige proces wordt gestuurd door een centrale computer.
Het enige dat nog met de hand moet gebeuren is het inbouwen van de SMA-eenheden in de apparatuur.

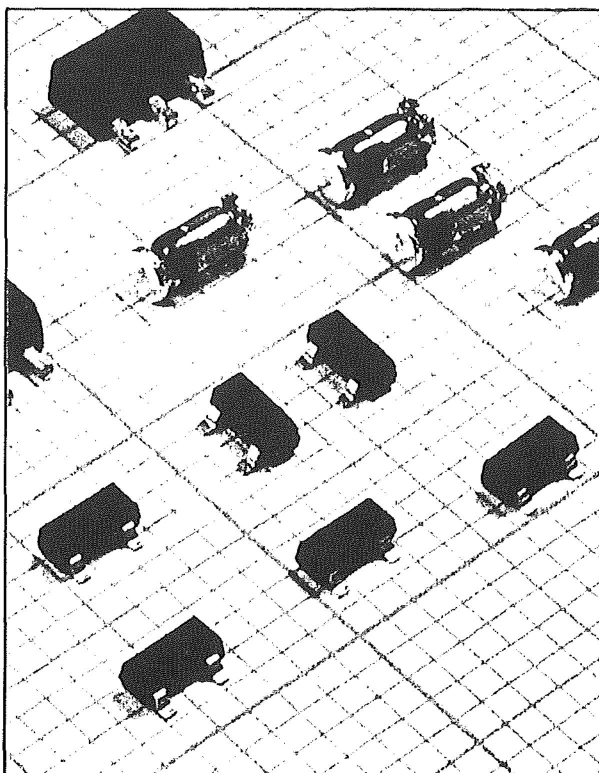
**Het SMA-proces**
Voor het opzetten van een automatische SMA-productie zijn drie zaken essentieel:
- de beschikbaarheid van speciale onderdelen, SMD's die zich lenen voor deze productie;
- machines en hulpmiddelen waarmee deze SMD's zijn te verwerken;
- kennis en ervaring om het proces te beheersen, met name nieuwe afspraken over de manier waarop printen worden ontworpen.

In dit hoofdstuk zullen deze drie factoren uitvoerig worden behandeld. Uiteraard zal bij deze bespreking rekening worden gehouden met de doelgroep van dit boek, de elektronica hobbyïst, die geen gebruik kan maken van de geavanceerde materialen, machines en hulpmiddelen waarover de industrie wél beschikt.

**De SMD's**
Op dit moment zij zowat alle denkbare elektronische onderdelen beschikbaar voor SMA-montage. In figuur 3/8.6-1 worden enige typische SMD's voorgesteld met een 1 mm raster als maatstaf.

Enige karakteristieke kenmerken vallen onmiddellijk op:
- SMD's hebben geen aansluitdraadjes, maar uiterst kleine contactvlakjes, die kleiner zijn dan de dikte van het standaard soldeertin waar de doe-het-zelver tot nu toe heeft mee gewerkt;
- SMD's zijn zéér klein, een transistor meet 2,9 bij 2,5 mm;
- SMD's worden aangeboden in standaard behuizingen, die internationaal genormeerd zijn.

**De verkrijgbaarheid van SMD's**
Het zal duidelijk zijn dat de SMA-technologie in eerste instantie is ontwikkeld met de fabrieksmatige massaproductie in het achterhoofd. SMD's worden dan ook niet los geleverd zoals gewone onderdelen, maar op de rol of in stangen.



**Figuur 3/8.6-1:** Standaard SMD's in hun typische subminiatuur behuizingen.

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**

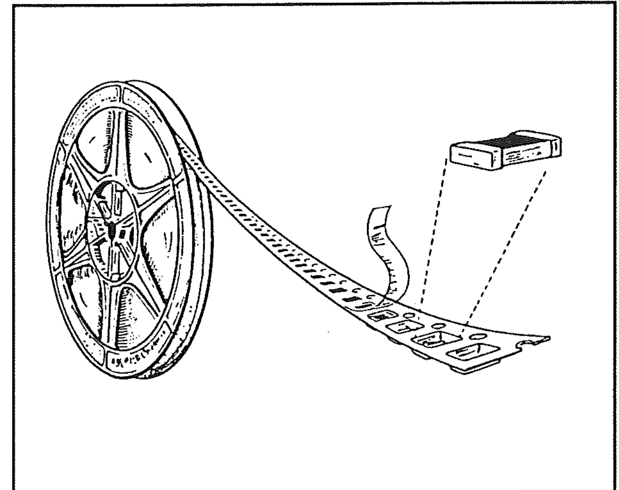
Deze verpakkingen hebben gestandaardiseerde afmetingen en kunnen met behulp van bestukkingsautomaten automatisch verwerkt worden.

In figuur 3/8.6-2 is de rol- of bandverpakking, waarin weerstanden, condensatoren en transistoren geleverd worden, geschetst.

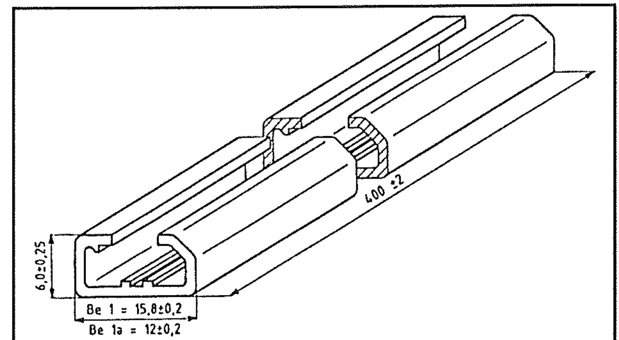
De rol of band wordt voorzien van geponste vakjes waarin de SMD-onderdelen worden opgesloten. De rol is afgesloten met een folie, zodat de onderdelen niet uit de rol kunnen vallen. Aan één kant bevinden zich positioneringsgaatjes, die in de verwerkingsmachines worden gebruikt om de zuignap die de onderdelen een na een uit de rol bevrijd precies boven de onderdelen te positioneren.

Geïntegreerde SMD-schakelingen worden geleverd in zogenaamde stangenmagazijnen, waarvan het uiterlijk in figuur 3/8.6-3 wordt voorgesteld.
In één stang zitten honderden geïntegreerde schakelingen die door de bestukkingautomaat een na een worden opgezogen en verwerkt.

Het zal duidelijk zijn dat noch de stangen, noch de rollen erg voordelige verpakkingen zijn voor de doe-het-zelver!
Losse verkoop, zoals dat het geval is met gewone onderdelen, is niet van toepassing voor SMD's. De onderdelen zijn daarvoor immers veel te klein! Gelukkig zijn er een aantal leveranciers op het idee gekomen SMD's in kleinverpakking aan te bieden. Men maakt dan gebruik van doordrukverpakkingen, in principe dezelfde verpakkingsvorm die in de medische industrie wordt gebruikt voor het leveren van tabletten en pillen.



**Figuur 3/8.6-2:** De verpakking van weerstanden, condensatoren en transistoren voor SMA-verwerking.

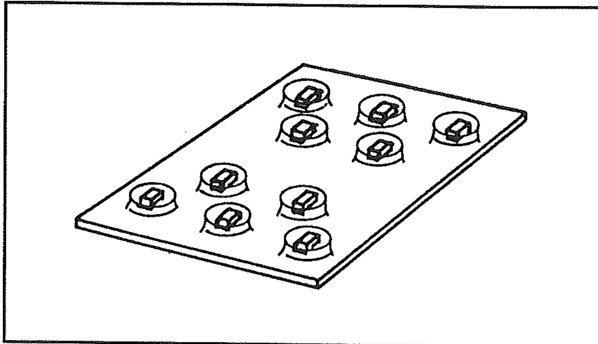



**Figuur 3/8.6-3:** De zogenaamde stangenmagazijnen waarin IC's voor SMA-montage worden aangeleverd.

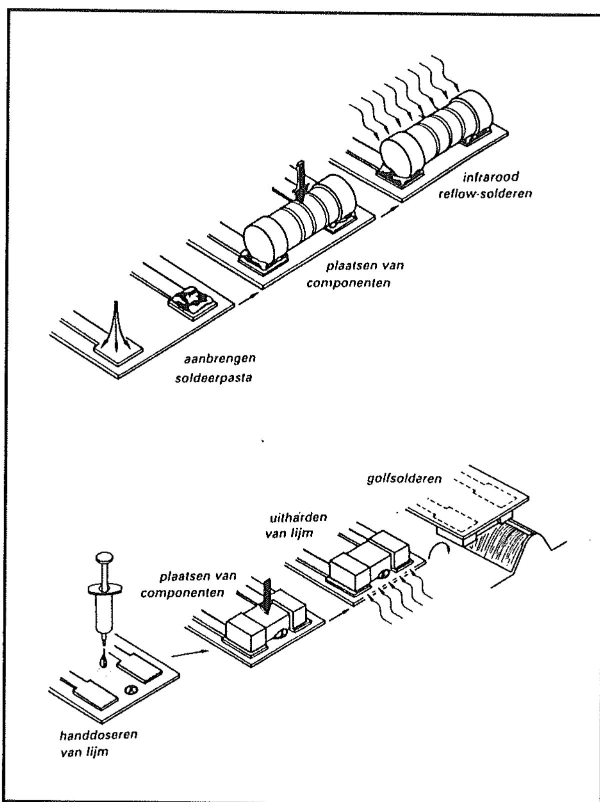
In figuur 3/8.6-4 is zo'n doordrukverpakking geschetst.

In de meeste gevallen worden SMD's onder deze vorm geleverd per tien stuks. Voor goedkope onderdelen zoals weerstanden en condensatoren is dat een redelijk alternatief voor de hobbyïst. Maar het zal duidelijk zijn dat de bevoorrading van het doe-het-zelf laboratorium met geïntegreerde schakelingen op deze manier een grote investering vergt!

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**



**Figuur 3/8.6-4:** SMD's worden voor de kleinverbruiker geleverd in doordrukverpakkingen.




**Figuur 3/8.6-5:** De twee basismethoden waarmee SMD's worden verwerkt.

## De verwerking van SMD's

In de industrie worden SMD's op twee manieren verwerkt. Deze zijn geschetst in figuur 3/8.6-5.

Uitgangspunt is uiteraard in beide gevallen een geëtste print.
Bij het eerste systeem, geschetst in de bovenste figuur, worden alle koperen contactvlakken waarop SMD's moeten worden gesoldeerd, voorzien van soldeerpasta. Dat is een menging van tin, lood, hars en lijm. In de meeste gevallen wordt deze pasta met behulp van een zeefdrukprocede op de print aangebracht. Nadien worden alle onderdelen aangebracht op de print, waarbij de contactvlakken van de componenten in de soldeerpasta blijven kleven. Nadat alle onderdelen op hun plaats zitten wordt de print in een infrarode oven "gebakken". De tin/lood legering in de soldeerpasta smelt en alle onderdelen worden in één keer op de printsporen vast gesoldeerd.

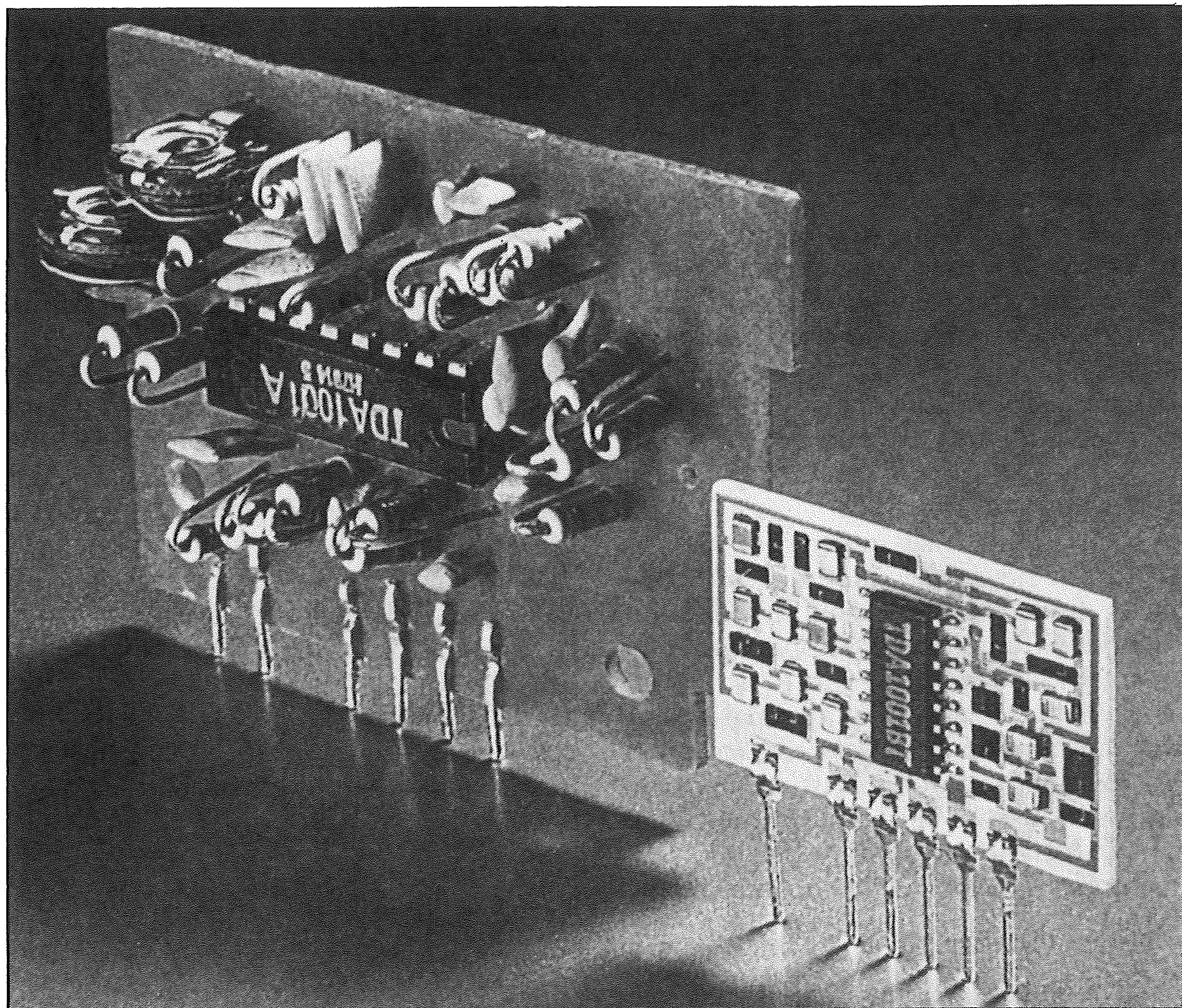
Bij het tweede systeem, geschetst in de onderste tekening, worden zeer kleine druppeltjes epoxy-lijm aangebracht op alle plaatsen waar een SMD moet worden gemonteerd.
Nadien worden de onderdelen aangebracht en wacht men tot de epoxy-lijm is uitgehard. Alle onderdelen zitten dan muurvast op hun plaats, zodat het mogelijk is de print in één handeling te solderen in een golfsoldeerbad.

Het zal duidelijk zijn dat beide industriële systemen buiten het bereik van de hobbyïst vallen. Zoals uit een van de volgende paragrafen zal blijken zijn er gelukkig alternatieven, zodat het SMA-gebeuren niet buiten het bereik van de doe-het-zelver valt.

## De voordelen van SMA

De grote industriële voordelen van SMA worden duidelijk als men de twee printen uit figuur 3/8.6-6 met elkaar vergelijkt.

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**




**Figuur 3/8.6-6:** Een FM-module in traditionele techniek vergeleken met dezelfde schakeling volgens SMA.

De schakeling rond het IC TDA1001 van Philips is een ruis- en interferentie-onderdrukker, die gebruikt wordt bij kwalitatief hoogwaardige FM-ontvangers.

De traditionele schakeling is al zo klein mogelijk gemaakt door alle weerstanden rechtop te monteren. Maar ondanks dat blijkt duidelijk hoeveel ruimte gespaard wordt als dezelfde schakeling in SMA wordt uitgevoerd.

Een tweede groot voordeel is dat de SMA-schakeling volledig automatisch geproduceerd kan worden. Het rechtopstaand monteren van traditionele weerstanden moet nog steeds met de hand gebeuren! Op dit moment maken de montagekosten ongeveer 70 % uit van de totale produktiekosten van een schakeling. Zelfs traditionele montage in lage lonen landen kan niet op tegen een volledig geautomatiseerde SMA-produktie.

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**

Derde voordeel is dat de geproduceerde schakelingen binnen zeer nauwe grenzen volledig identieke eigenschappen hebben. Doordat alle onderdelen tot op een tiende millimeter nauwkeurig worden geplaatst en de toleranties op de afmetingen van SMD's zeer klein zijn, kunnen parameters als paracitaire capaciteiten binnen zeer nauwe grenzen gedefinieerd worden. Voordeel is dat schakelingen minder afregel-elementen nodig hebben en de toch nog noodzakelijke afregelingen vereenvoudigd kunnen worden.

**De doe-het-zelver en SMA**

Men kan zich de vraag stellen of de gemiddelde doe-het-zelver, met zijn zeer beperkte financiële middelen en dus zeer beperkte hulpmiddelen, apparatuur en mogelijkheden, in staat is SMA-schakelingen te maken en te repareren.
Het antwoord op deze vraag kan kort zijn. Als de elektronica hobbyist binnen vijf jaar zijn hobby wil blijven uitoefenen, dan zal hij (of zij) op dit moment moeten beginnen met het experimenteren met SMA!

Volgens de verwachtingen zal in 1992 ongeveer 70 % van de industrieel vervaardigde printen volledig volgens SMA worden bestukt. Dat betekent dus dat het repareren van een draagbare radio of gelijk welk ander elektronisch apparaat dan alleen mogelijk is als men enige ervaring met het verwerken van SMD's heeft opgedaan!

Maar er is nog een ander aspect! Door de zeer kleine afmetingen van SMD's zal er een geheel nieuwe dimensie worden toegevoegd aan het elektronisch knutselen: het maken van zo klein mogelijke schakelingetjes. Op dit moment is het voor een hobbyist die zowel met Märklin treintjes als met elektronica knutselt onmogelijk om elektronica in een locomotief in te bouwen. De standaard onderdelen zijn veel te groot. Met SMA is het echter zonder meer mogelijk allerlei elektronische schakelingen in zelfs het kleinste speelgoed onder te brengen.

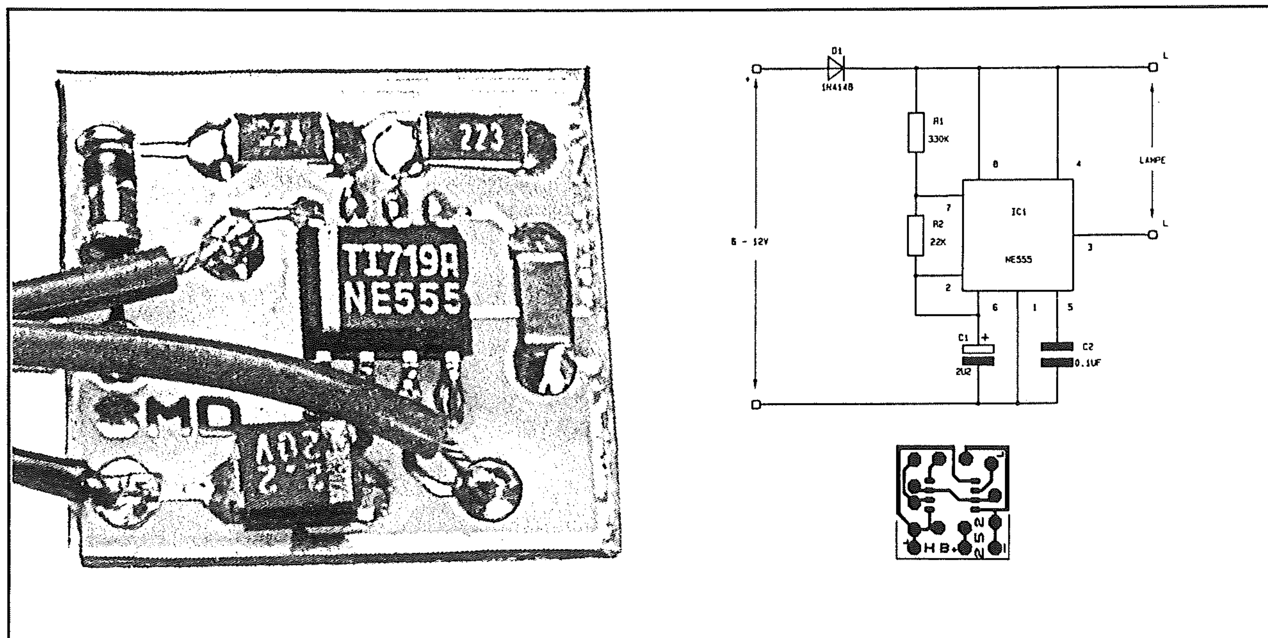
Een mooi voorbeeld is gegeven in figuur 3/8.6-7.
De schakeling is een elektronisch knipperlicht, op de bekende manier uitgevoerd rond een als astabiele multivibrator geschakelde 555 timer. Onder het schema is het printontwerpje getekend **op ware grootte!** De zes onderdelen kunnen in SMA ondergebracht worden op een printje van 1,5 bij 1,5 $cm^2$! Zoals uit de vijf maal vergrote foto van het printje blijkt, bevat dit minuscule printje nog meer lege ruimte dan onderdelen. Het zou dus bij een zorgvuldig ontwerp mogelijk zijn de afmetingen nog meer te reduceren!

# Standaard behuizingen voor SMD's

**Inleiding**

Bij een technologie als de SMA, ontwikkeld met de automatische bestukking van printplaten in het achterhoofd, is internationale standaardisatie van de afmetingen en behuizingen van de componenten van groot belang. Hoewel men er tot nu toe niet in geslaagd is voor alle soorten componenten gestandaardiseerde behuizingen met idem afmetingen voor te stellen, geldt dit in ieder geval wél voor de meest gebruikte onderdelen zoals weerstanden, condensatoren, dioden, transistoren en geïntegreerde schakelingen.

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**



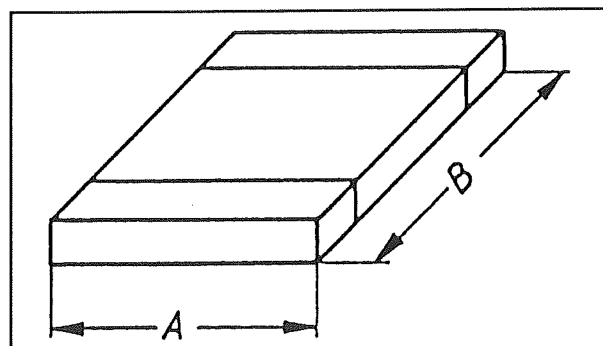

**Figuur 3/8.6-7:** Een elektronisch knipperlicht rond een 555 timer opgebouwd met SMA-technologie.

In deze paragraaf worden deze gestandaardiseerde behuizingen met hun afmetingen voorgesteld. Men kan in principe vier soorten SMD-behuizingen onderscheiden:

- de rechthoekvormige behuizingen of quader's;
- de cylindervormige behuizingen, MELF of SOD genoemd;
- de SOT-behuizingen voor transistoren;
- de SOIC- of SO-behuizingen voor gewone IC's;
- de speciale PLCC-behuizingen voor IC's met zeer veel aansluitingen;
- speciale behuizingen zoals LCCC en Micropack, die echter door de doe-het-zelver niet te verwerken zijn.

**Rechthoekvormige behuizingen (quader's)**

Deze behuizingen worden gebruikt voor het onderbrengen van passieve componenten zoals weerstanden en condensatoren. De algemene vorm van deze behuizingen is getekend in figuur 3/8.6-8.




**Figuur 3/8.6-8:** De quaders worden gekarakteriseerd door hun lengte B en hun breedte A.

De drager is aan beide uiteinden voorzien van vertinde aansluitvlakken over de volledige breedte A van het onderdeel.

De gestandaardiseerde afmetingen van de quader-behuizingen worden voorgesteld door cijfercodes. Er bestaan 11 verschillende uitvoeringen, waarvan er tot nu toe vijf door de IEC (International Electrotechnical Committee) als norm zijn aanvaard. De afmetingen van deze

behuizingen zijn samengevat in de tabel van figuur 3/8.6-9.

**Cylindervormige behuizingen**
Cylindervormige behuizingen, waarvan de algemene vorm is getekend in figuur 3/8.6-10, worden gebruikt voor het onderbrengen van weerstanden en dioden. De behuizing bestaat uit een klein glazen buisje, voorzien van twee vertinde metalen flenzen.

Er bestaan vier genormde behuizingen, waarvan de afmetingen zijn samengevat in de tabel van figuur 3/8.6-11.

MELF is de afkorting van "Metal ELectrode Face Bounding", een term die te maken heeft met de manier waarop de onderdelen gefabriceerd worden.

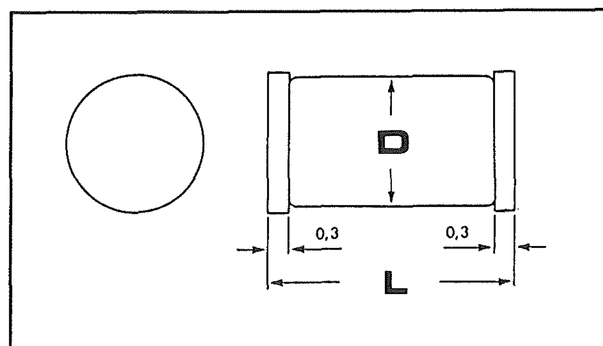
SOD is de afkorting van "Small Outline Diode", oftewel "Diode met kleine afmetingen".

Opgemerkt moet worden dat er naast de vier gestandaardiseerde cylindrische behuizingen er een aantal niet genormeerde behuizingen bestaan, die algemeen worden samengevat met de term "TUBULAR".
In deze TUBULAR-behuizing worden bijvoorbeeld sommige reeksen tantaalcondensatoren aangeboden.

**Overige SOD-behuizingen**
Naast de cylindervormige gestandaardiseerde SOD-80 worden er ook dioden aangeboden in SOD-6 en SOD-15 behuizingen. Deze behuizingen, getekend in figuur 3/8.6-12, zijn echter niet gestandaardiseerd en het valt dan ook niet aan te bevelen SMD-schakelingen met dergelijke onderdelen te ontwerpen!

| CODE | A (mm) | B (mm) | IEC-NORM |
|---|---|---|---|
| 0805 | 1,25 | 2,00 | JA |
| 1005 | 1,27 | 2,41 | |
| 1206 | 1,60 | 3,20 | JA |
| 1210 | 2,50 | 3,20 | JA |
| 1505 | 1,27 | 3,80 | |
| 1805 | 1,27 | 4,57 | |
| 1808 | 2,00 | 4,57 | |
| 1812 | 3,20 | 4,50 | JA |
| 1825 | 6,35 | 4,70 | |
| 2220 | 5,00 | 5,70 | JA |
| 2225 | 6,25 | 5,70 | |

**Figuur 3/8.6-9:** De gestandaardiseerde afmetingen van de beschikbare quader-behuizingen



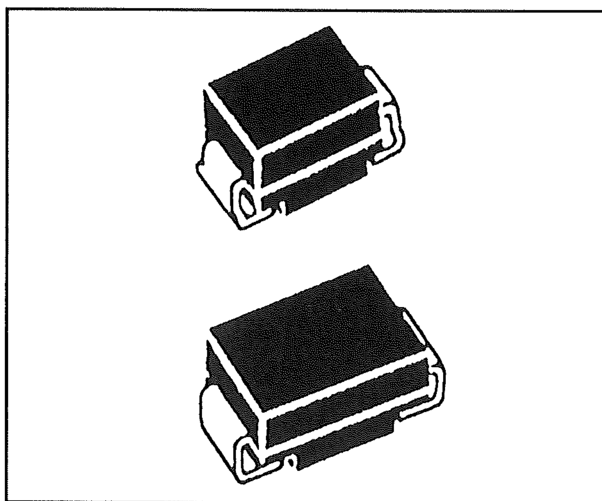

**Figuur 3/8.6-10:** De cylindervormige SMD-behuizingen worden gekarakteriseerd door hun lengte L en hun diameter D.

**SOT-behuizingen**
SOT is de afkorting van "Small Outline Transistor" en het zal duidelijk zijn dat deze behuizingen worden gebruikt voor het onderbrengen van transistoren. Toch treft men ook hele reeksen zener-dioden in deze SOT's aan!

## 8.6 SMA, Surface Mounted Assembly

| CODE | L (MM) | D (MM) |
|---|---|---|
| MELF | 5,90 | 2,20 |
| MINIMELF | 3,60 | 1,40 |
| MIKROMELF | 2,00 | 1,27 |
| SOD 80 | 3,50 | 1,60 |

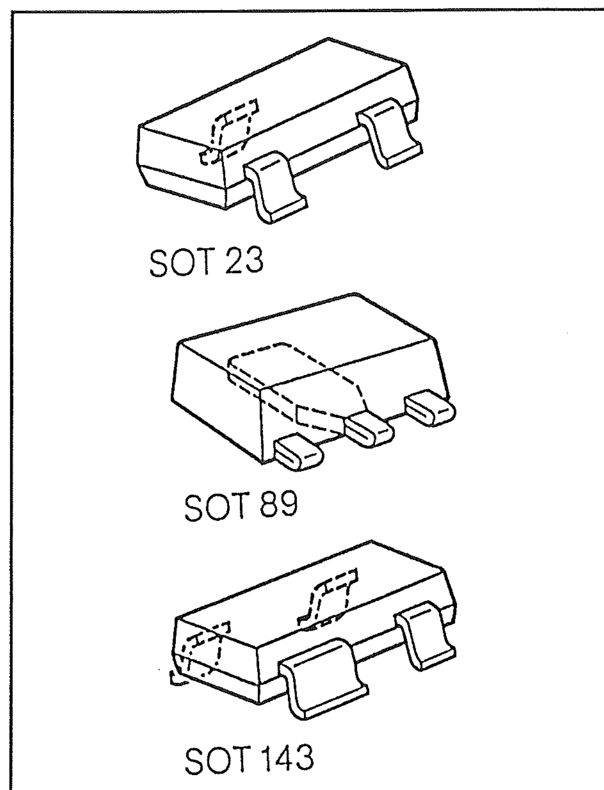
**Figuur 3/8.6-11:** De gestandaardiseerde afmetingen van de vier beschikbare ronde behuizingen.



**Figuur 3/8.6-12:** De reeds verouderde SOD-6 en SOD-15 behuizingen die op dit moment niet meer worden gebruikt bij de productie van nieuwe SMD's.

Er bestaan gelukkig slechts drie gestandaardiseerde SOT-behuizingen, waarvan de uiterlijke verschijning wordt voorgesteld in figuur 3/8.6-13 en de afmetingen volgen uit figuur 3/8.6-14.

- SOT-23
  SOT-23 werd reeds in de tweede helft van de zestiger jaren op beperkte schaal ingevoerd voor de montage van transistoren in hybride-schakelingen




**Figuur 3/8.6-13:** De drie SOT-behuizingen waarin transistoren worden ondergebracht.

Deze behuizing wordt gebruikt voor laagvermogen transistoren en enkelvoudige en dubbele dioden. Het maximaal te dissiperen vermogen bedraagt 200 mW bij 25 °C.

- SOT-89
  SOT-89 stamt uit de jaren zeventig en heeft drie aansluitingen die op een rij staan. De middelste loopt onder het volledige oppervlak van de behuizing door, zodat er een goed thermisch contact tussen deze aansluiting en de print kan ontstaan. Daardoor kan deze behuizing maximaal 500 mW dissiperen bij 25 °C.
- SOT-143
  SOT-143 is vrij nieuw en wordt gekenmerkt door vier aansluitingen, waardoor het bijvoorbeeld mogelijk is in

deze behuizing bruggelijkrichters en MOS-FET's onder te brengen. De maximale dissipatie bedraagt 400 mW bij 25 °C. Om de vier aansluitingen te identificeren is één aansluiting breder uitgevoerd.

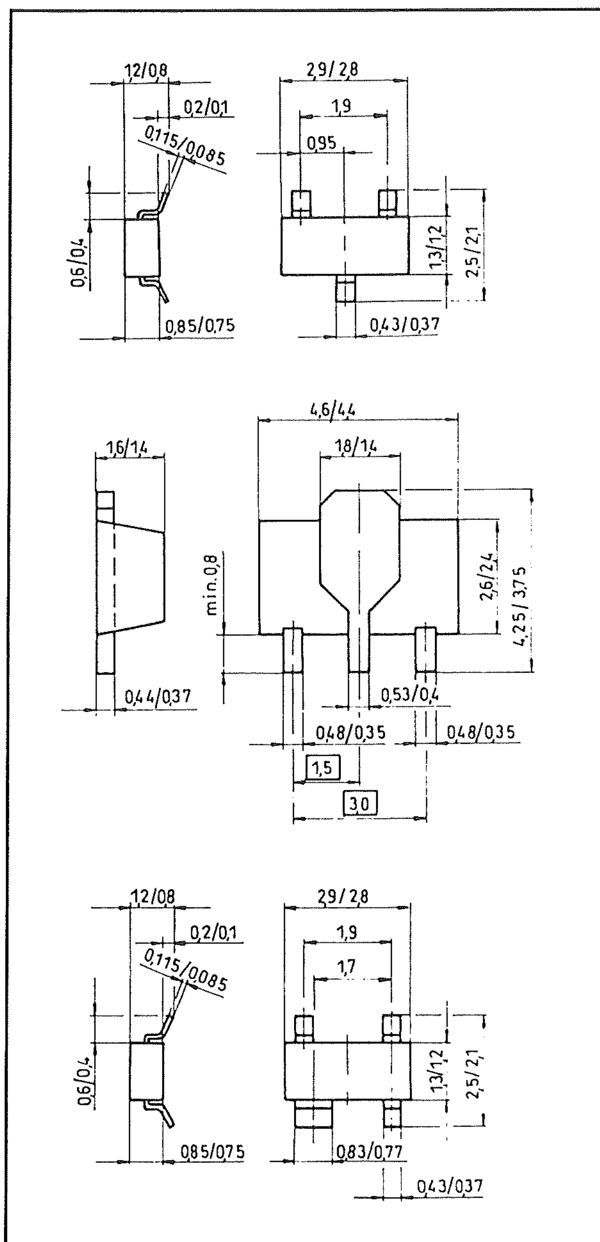
**Belangrijke opmerking! Met opzet zijn de aansluitpennen van deze drie behuizingen in alle tekeningen in dit hoofdstuk niet genummerd! Er bestaat namelijk geen enkele standaardisatie in de manier waarop de fabrikanten de pennen nummeren. Zo wordt de brede pen van de SOT-143 bij Siemens "pen 3" genoemd, bij Philips "pen 1" en in sommige overzichtskatalogi "pen 4"! Ga dus nooit af op de pencodering bij het ontwerpen van een schakeling, maar steeds op het interne schema!**

**SOIC-behuizingen**

De SOIC-behuizingen, vaak afgekort tot SO, vormen de standaard voor kleine geïntegreerde schakelingen in SMD-technologie. Deze behuizingen hebben, zie figuur 3/8.6-15, in wezen dezelfde samenstelling als de bekende DIL-behuizingen, maar dan met een raster van 1,27 mm.

Deze behuizing is niet zo nieuw als het mag lijken. Deze vorm werd in het begin van de jaren zestig geïntroduceerd door Philips voor het onderbrengen van IC's op hybride-schakelingen die toen vaak in de professionele elektronica werden toegepast. Het volume van een SOIC-behuizing bedraagt ongeveer 35 % van de gelijkwaardige DIL-behuizing.

SOIC-behuizingen zijn leverbaar met 8 tot 40 pennen, waarbij twee verschillende afstanden tussen de rijen pennen worden gebruikt: 4,0 en 7,6 mm.

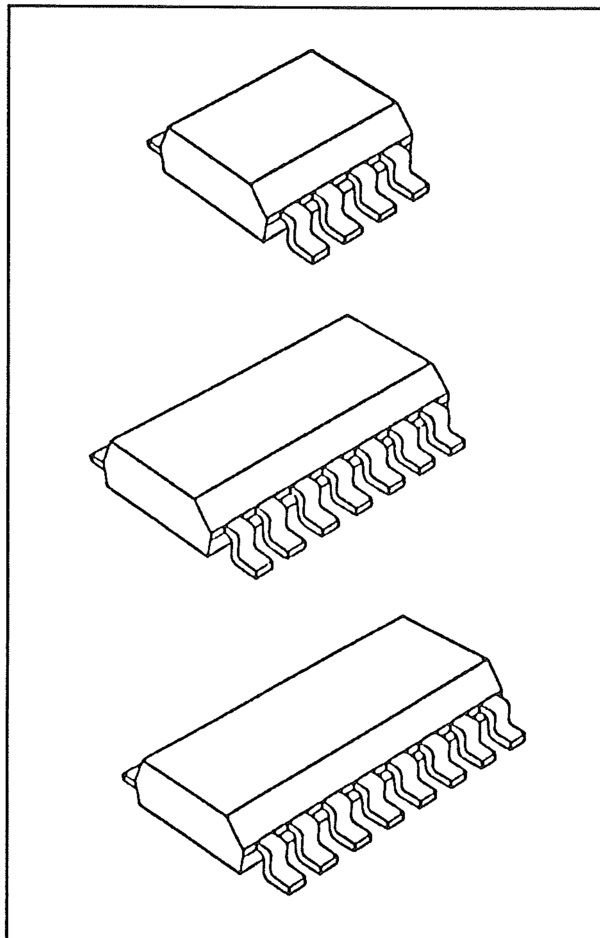



**Figuur 3/8.6-14:** De afmetingen van de drie SOT-behuizingen.

In tegenstelling tot bij de DIL-behuizingen ligt de overgang tussen smalle en brede behuizing reeds bij de 16-pens uitvoering. Deze is zowel in 4,0 als in 7,6 mm leverbaar.

De rij pennen die begint met pen 1 wordt geïdentificeerd door een afgevlakte hoek aan de behuizing.

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**

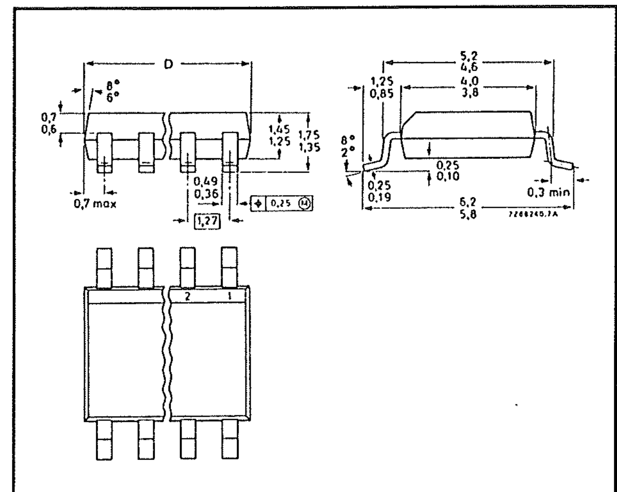


**Figuur 3/8.6-15:** SOIC-behuizingen waarin geïntegreerde schakelingen in SMA worden verwerkt.

De standaard afmetingen van de 8-pens SOIC-behuizing zijn samengevat in figuur 3/8.6-16.

In de tabel van figuur 3/8.6-17 zijn de breedte, de lengte, de benaming en de voorgestelde JEDEC-codering gegeven van alle leverbare behuizingen.

De JEDEC-codes zijn benamingen voor behuizingen, die wereldwijd ter standaardisatie worden voorgedragen door de JEDEC, de "Joint Electronic Device Engineering Council".




**Figuur 3/8.6-16:** De afmetingen van de 8-pens SO-behuizing.

Omdat de lengte van een 40-pens IC bij handhaving van het raster te groot zou worden heeft men de pen-tot-pen afstand teruggebracht tot 0,76 mm. Vandaar dat deze behuizing VSOIC wordt genoemd, afkorting van "Very Small Outline".

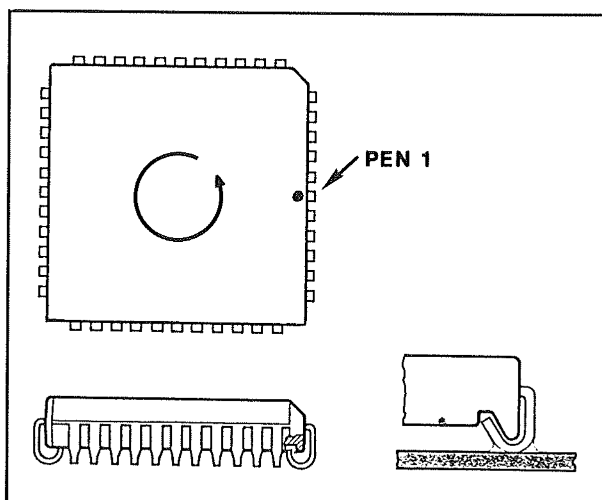
**PLCC-behuizingen**

De (V) SOIC-behuizingen geven constructieve problemen als men complexe IC's met meer dan 40 aansluitingen in een zo klein mogelijke behuizing moet onderbrengen.
Een tweede bezwaar is dat de afstanden tussen de chip en de pennen te lang zouden worden, waardoor de paracitaire capaciteiten en zelfinducties een te grote waarde krijgen. Dat bezwaar speelt vooral een rol bij snelle digitale schakelingen.
Voor deze schakelingen heeft men daarom de PLCC-behuizingen ontworpen, afkorting van "Plastic Leaded Chip Carrier".
Bij deze vierkante behuizingen zijn de pennen verdeeld over de vier zijden van de behuizing, waardoor het mogelijk wordt IC's met 20, 28, 44, 52, 68 en 84 aansluitingen in een praktisch bruikbare vorm op de markt te brengen.

## 8.6 SMA, Surface Mounted Assembly

| AANTAL PENNEN | CODERING | BREEDTE | LENGTE | JEDEC-CODE |
|---|---|---|---|---|
| 8 | SO-8 | 4,0 mm | 5,00 mm | SOT-96A |
| 14 | SO-14 | 4,0 mm | 8,75 mm | SOT-108A |
| 16 | SO-16 | 4,0 mm | 10,00 mm | SOT-109A |
| 16 | SO-16L | 7,6 mm | 10,50 mm | SOT-162A |
| 20 | SO-20 | 7,6 mm | 13,00 mm | SOT-163A |
| 24 | SO-24 | 7,6 mm | 15,60 mm | SOT-137A |
| 28 | SO-28 | 7,6 mm | 18,10 mm | SOT-136A |
| 40 | VSO-40 | 7,6 mm | 15,50 mm | SOT-158A |

**Figuur 3/8.6-17:** Overzicht van de afmetingen van alle leverbare SO-behuizingen.




**Figuur 3/8.6-18:** De uiterlijke verschijning van de PLCC-behuizingen voor ingewikkelde IC's.

| AANTAL PENNEN | CODERING | LENGTE | JEDEC-CODE |
|---|---|---|---|
| 20 | PLCC-20 | 9,04 mm | |
| 28 | PLCC-28 | 11,58 mm | |
| 44 | PLCC-44 | 16,66 mm | SOT-187 |
| 52 | PLCC-52 | 19,20 mm | |
| 68 | PLCC-68 | 24,33 mm | SOT-188 |
| 84 | PLCC-84 | 29,41 mm | SOT-189 |

**Figuur 3/8.6-19:** De afmetingen van de zes PLCC-behuizingen.

In tegenstelling tot de tot nu toe behandelde SMD-behuizingen zijn de aansluitingen van de PLCC's niet vlak uitgevoerd maar, zoals vergroot voorgesteld in de rechter onderhoek van figuur 3/8.6-18, gevouwen onder de behuizing.

Deze componenten liggen dus niet vlak op de print, maar op een afstand van enige tienden van een millimeter. De afstand tussen de pennen bedraagt 1,27 mm.

De afmetingen van de zes beschikbare behuizingen kunnen afgeleid worden uit de tabel van figuur 3/8.6-19.
Let op de manier waarop de aansluitingen geïdentificeerd worden! De kant waar pen 1 zit wordt gekenmerkt door een schuine

hoek. Pen 1 staat in het midden van de reeks pennen aan deze kant, waarbij meestal nog eens een klein putje in de behuizing is aangebracht tegenover deze pen. De pennen worden in tegenuurwijzerzin genummerd.

**Speciale behuizingen**
Naast de besproken SMD-behuizingen zijn er componenten beschikbaar in behuizingen die alleen in de professionele sector toepassing vinden.

- LCCC
  Deze term staat voor "Leadless Ceramic Chip Carrier". Deze behuizing lijkt op de PLCC, maar heeft een ceramisch materiaal als basis. Deze vorm wordt daar gebruikt waar zeer hoge eisen worden gesteld aan de betrouwbaarheid van de schakelingen. De behuizing is volledig hermetisch gesloten, de contacten zijn uitgevoerd onder de vorm van vlakke hoekcontacten die aan de vier zijden van de behuizing beschikbaar zijn.
- Micropack
  Deze behuizing bestaat uit een zeer dunne hittebestendige polyamide film (127 µm!) waarin vensters zijn geponst voor het opnemen van de chip. Onder deze film wordt een koperfolie gekleefd waarop het bedradingspatroon naar de aansluitingen voorgeëtst werd. Nadat de verbindingen tussen de chip en de koperfolie zijn aangebracht wordt de film aan de bovenzijde afgesloten met een zeer dun laagje glas. Aan de randen van dit glaslaagje worden gaatjes geëtst, zodat de koperen spoortjes op de koperen folie toegankelijk worden. Deze gaatjes worden door middel van een opdamp-proces gevuld met een tin-lood legering. Er ontstaat een volledig hermetisch gesloten geheel, waarbij de verbindingen met de rest van de schakeling worden gemaakt door middel van dunne gouddraadjes, die op de tin-lood knobbeltjes worden gesoldeerd.

# Weerstanden in SMA-technologie

**Inleiding**
Weerstanden zijn zowel in quader- als in MELF-behuizingen beschikbaar. De doe-het-zelver die wil gaan experimenteren met SMA wordt aangeraden een voorraadje quader-weerstanden aan te leggen. Deze zijn namelijk veel gemakkelijker te verwerken omdat zij niet kunnen wegrollen en gemakkelijker opgezogen kunnen worden met een zuigpincet.

**Weerstanden in quader-behuizing**
De praktische uitvoering van quader-weerstanden voor diverse vermogens is geschetst in figuur 3/8.6-20.

De constructie van een quader-weerstand is geschetst in figuur 3/8.6-21.

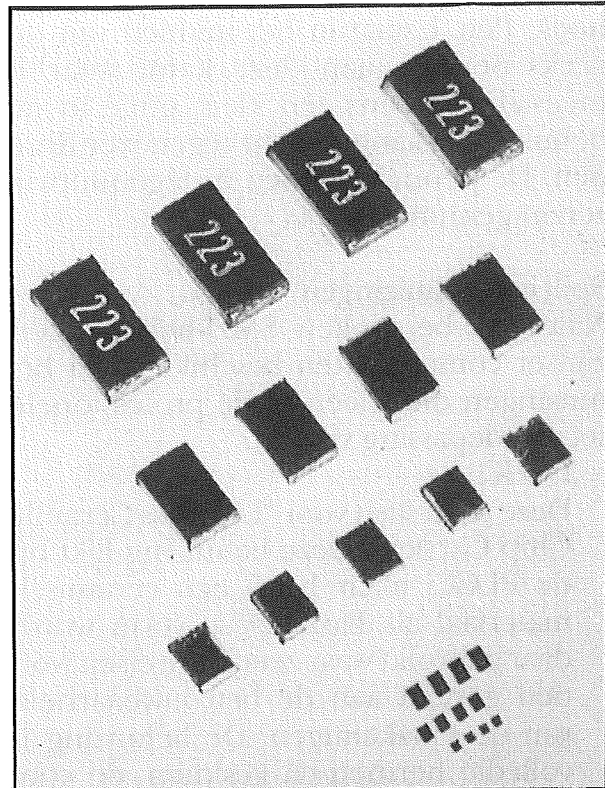
Het substraat bestaat uit een hoogwaardig ceramisch materiaal op basis van aluminiumoxide. Op deze drager wordt de weerstandslaag door middel van zeefdruktechnieken aangebracht. Meestal wordt hiervoor rutherium gebruikt. De dikte en de samenstelling van deze laag wordt zodanig gekozen dat de weerstand een lagere waarde heeft dan de nominale. Na het drogen van de laag wordt het geleidende oppervlak van de laag door middel van lasertrimming vergroot tot de weerstand binnen de toleranties valt.

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**

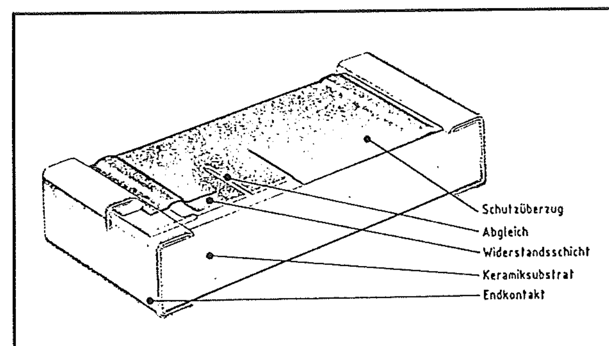
Tot slot wordt de laag bedekt met een beschermende laag glazuur. De twee inwendige elektroden zijn van nikkel en zorgen voor een uitstekend elektrisch contact tussen de weerstandslaag en de eindelektroden. Deze eindelektroden worden vertind, zodat een goede soldeerverbinding tussen de elektroden en de soldeerpasta wordt verkregen bij lage temperatuur.

De meeste quader-weerstanden zijn uitgevoerd als 1206 behuizing. Deze zijn belastbaar tot 0,25 W, terwijl de maximale spanning over het onderdeel 250 V kan bedragen.
De meeste fabrikanten leveren in deze serie weerstanden tussen de 1 Ω en de 10 MΩ volgens de standaard E12 en E24 reeksen met toleranties van +/-5 en +/-10 %. De temperatuurscoëfficiënt bedraagt $+/-200.10^{-6}/°C$.
Bovendien zijn zogenaamde "Zero Ohm Quader's" leverbaar met een weerstand van 0 Ω die een maximale stroom van 2 A kunnen voeren.

Diverse fabrikanten leveren tegenwoordig ook precisieweerstanden in quadervorm met een tolerantie van 1 % volgens de E96 reeks.




**Figuur 3/8.6-20:** SMD-weerstanden in quaderbehuizingen.




**Figuur 3/8.6-21:** De technologie van een quaderweerstand.

**Codering van quader-weerstanden**
Quader-weerstanden worden niet met kleurcoderingen geïdentificeerd, maar door middel van een minuscule cijferopdruk. In figuur 3/8.6-22 worden enige voorbeelden gegeven van deze codering van de weerstanden.

In eerste instantie moet onderscheid gemaakt worden tussen de normale 5 en 10 % weerstanden en de 1 % precisieweerstanden.

**De normale weerstanden**
- Voor "ZOQ's" geldt de opdruk "000".
- Voor weerstanden tussen de 1 en de 9,1 Ω bestaat de code uit "XRY", waarbij X staat voor het cijfer voor de komma en Y voor het cijfer achter de komma. Voorbeeld: "4R7" staat voor 4,7 Ω.

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**

- Voor weerstanden tussen de 10 en de 91 Ω bestaat de code uit "XYR", waarbij X staat voor het meest beduidende en Y voor het minst beduidende cijfer. Voorbeeld: "12R" staat voor 120 Ω.
- Voor weerstanden vanaf 100 Ω wordt gebruik gemaakt van de codering "XYM" waarbij X staat voor het meest beduidende en Y voor het minst beduidende cijfer. De M geeft het aantal nullen weer (de Multiplicator) dat achter de twee beduidende cijfers moet worden geplaatst om de waarde van de weerstand in Ω te verkrijgen. Voorbeeld: "123" staat voor 12000 Ω of 12 kΩ.

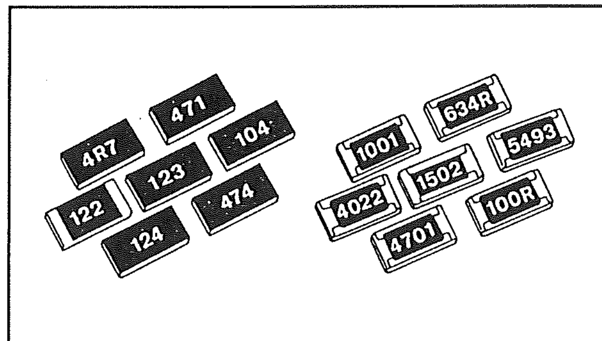
**De 1 % precisieweerstanden**

- Voor weerstanden tot 999 Ω wordt gebruik gemaakt van de codering "XYZR", waar X, Y en Z staan voor de drie beduidende cijfers van de weerstandswaarde. Voorbeeld: "634R" staat voor een weerstand van 634 Ω.
- Voor grotere weerstanden wordt gebruik gemaakt van de opdruk "XYZM" waarbij X, Y en Z de beduidende cijfers geven en M het aantal nullen. Voorbeeld: "1502" staat voor 15000 Ω of 15 kΩ.

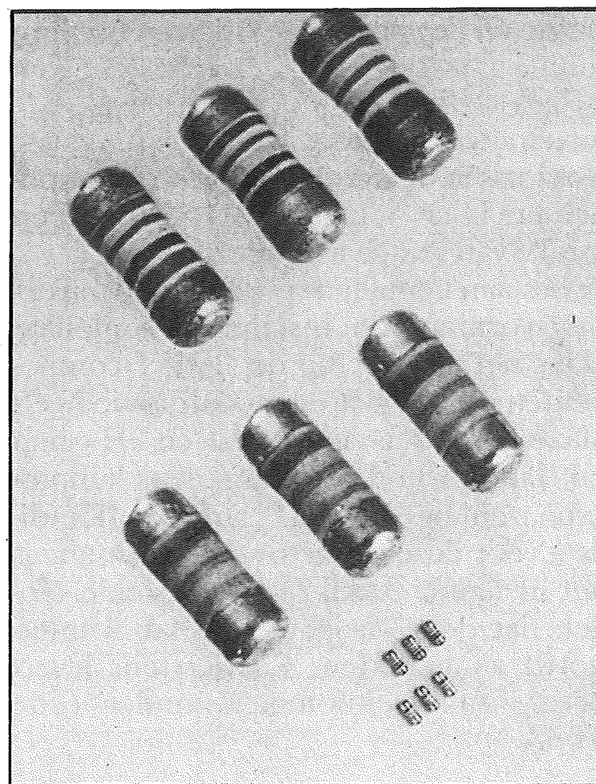
**Weerstanden in MINIMELF-behuizing**

Weerstanden in cylindrische behuizing, zoals voorgesteld in figuur 3/8.6-23, worden zowel volgens de composiet- als de film-technologie gefabriceerd, waarbij de productiefasen volledig identiek zijn aan deze die gebruikt worden bij de fabricage van "normale" weerstanden met draadaansluitingen.

In figuur 3/8.6-24 is de samenstelling van een metaalfilmweerstand geschetst.




**Figuur 3/8.6-22:** De codering van quader's.



**Figuur 3/8.6-23:** SMD-weerstanden in MINIMELF-behuizing.

Op de ceramische drager wordt de weerstandslaag opgedampt, waarna door middel van lasertrimming een groef in het lichaam wordt geslepen tot de weerstandswaarde binnen de toleranties valt. Deze MINIMELF weerstanden zijn leverbaar met waarden tussen de 1 Ω en 1 MΩ,

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**

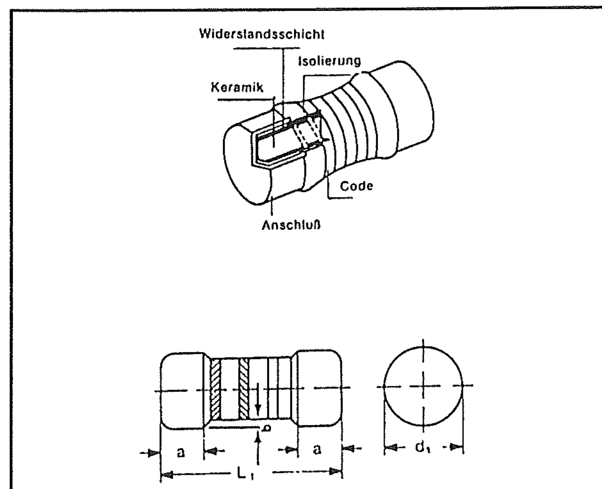
met een maximaal vermogen van 0,25 W en een maximale bedrijfsspanning van 200 V. Leverbare toleranties zijn +/-5, +/-2 en +/-1 % volgens de E12, E24, E48 en E96 reeksen.

**Codering van MINIMELF-weerstanden**
Deze onderdelen worden op de bekende manier gecodeerd door middel van vier of vijf kleurringen. De ringen zijn echter allemaal even breed, de uitlees volgorde wordt bepaald door het feit dat tussen de laatste en de voorlaatste ring een bredere ruimte aanwezig is.

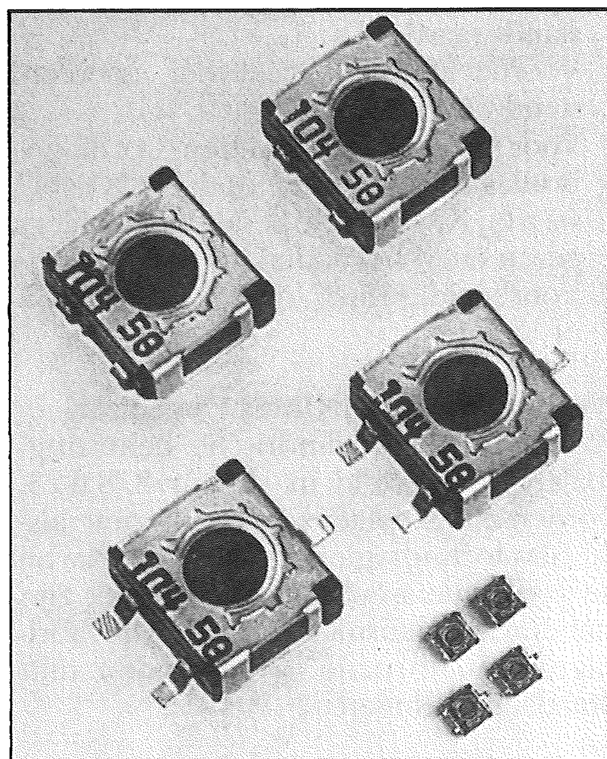
**Instelpotentiometers**
Net zoals in de wereld der "grote" componenten is er ook op SMD-gebied geen sprake van standaardisatie.
Er bestaan tientallen verschillende uitvoeringsvormen van instelpotentiometers. Maar net zoals er bij de "grote" componenten een de facto standaardisatie heeft plaats gevonden naar de PV- en PH-typen van Piher, zou dat ook wel eens kunnen gebeuren bij de SMD-trimmers. Kandidaat voor deze de facto standaardisatie is het in figuur 3/8.6-25 voorgestelde model, dat door verschillende fabrikanten wordt aangeboden. Roederstein levert deze instelpotentiometers onder code ST-4A.

Deze Cermet-trimmers zijn leverbaar in waarden van 100 Ω tot 1 MΩ met een tolerantie van +/-30 % en een vermogen van 0,2 W. De maximale spanning over het onderdeel bedraagt 100 V. De draaihoek is 270 °, waarbij men er echter wel op moet letten dat er geen draaistops aanwezig zijn. Men kan dus van het ene naar het andere uiterste doordraaien. De codering volgt het reeds besproken "XYM" systeem.

De afmetingen van deze trimmers zijn samengevat in figuur 3/8.6-26.

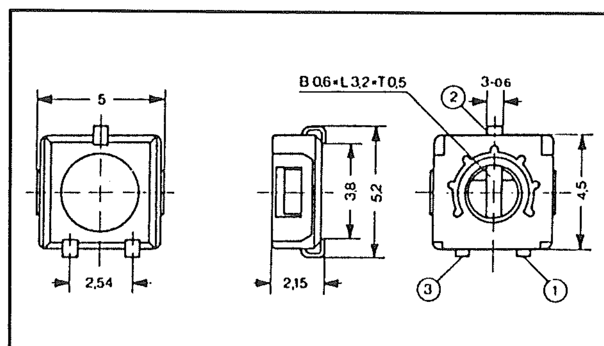



**Figuur 3/8.6-24:** Fabrikage van een metaalfilmweerstand in MINIMELF-behuizing.

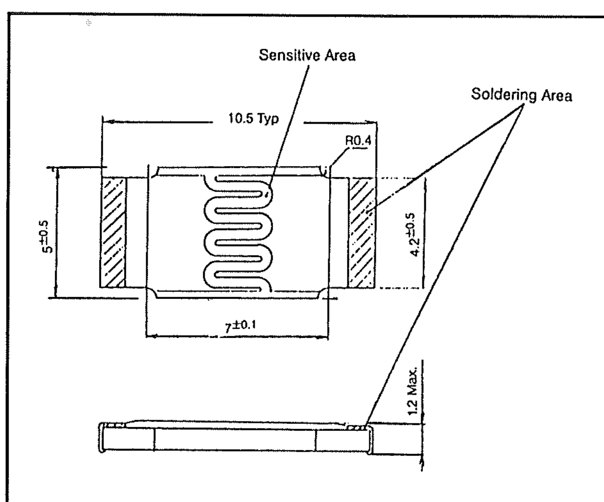



**Figuur 3/8.6-25:** Instelpotentiometers in SMD-techniek.

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**




**Figuur 3/8.6-26:** De afmetingen van de CERMET-trimmers uit de vorige figuur.




**Figuur 3/8.6-27:** Een voorbeeld van een LDR onder de vorm van een SMD.

### LDR's

Tegenwoordig worden er zelfs LDR's voor SMA geleverd.
Men moet er echter wel rekening mee houden dat het model dat in figuur 3/8.6-27 wordt voorgesteld alles behalve standaard is!

Wat elektrische eigenschappen betreft komt dit type overeen met de bekende LDR-03 die door Philips wordt gefabriceerd.

# Condensatoren in SMA-technologie

### Inleiding

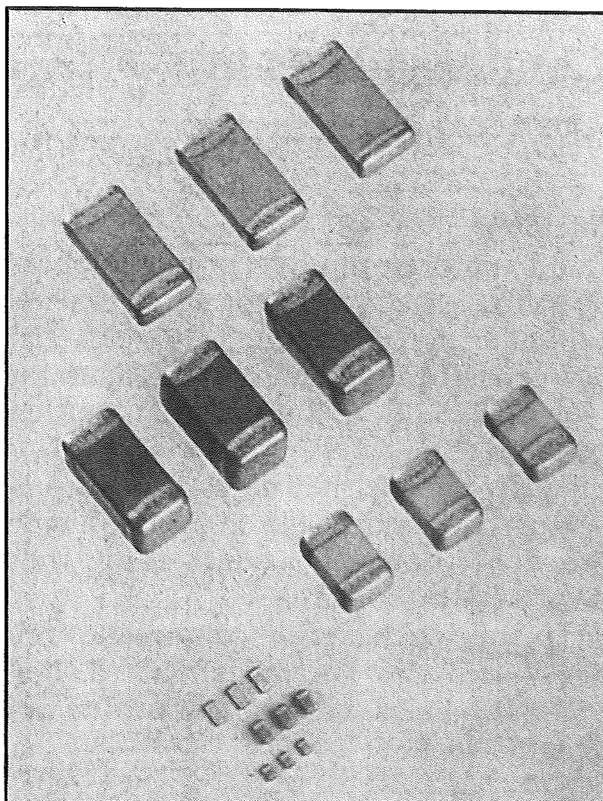
Condensatoren zijn in zeer uiteenlopende technologieën op de markt. Het zal wel zonder nadere toelichting duidelijk zijn dat een 10 pF ceramische condensator niet in dezelfde behuizing kan worden geleverd dan een elco van 1.000 µF!
Bij SMA zal men het moeten doen met ceramische condensatoren voor de kleine waarden en tantaal condensatoren voor de grotere exemplaren.
De behuizingen van de ceramische condensatoren zijn gestandaardiseerd, hetzelfde kan helaas niet gezegd worden van de tantaaltjes.

### Ceramische meerlaagcondensatoren in quader-behuizing

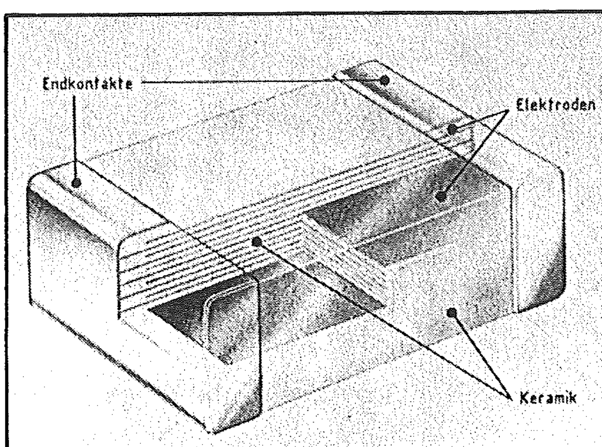
De waarde van de capaciteit bepaalt uiteraard de afmetingen van de condensator. Het zal dus duidelijk zijn dat men er niet in slaagt één standaard behuizing voor alle waarden condensatoren te handhaven.
Toch zijn de meeste fabrikanten er in geslaagd een volledige range van 0,47 pF tot niet minder dan 1,5 µF onder te brengen in de vijf IEC-genormde quaderbehuizingen. Enige exemplaren worden voorgesteld in figuur 3/8.6-28.

Daarbij is het wel noodzakelijk verschillende soorten diëlectricum-materiaal toe te passen, waarbij in het algemeen geldt dat de afhankelijkheid van de capaciteit en verliesfactor van temperatuur en spanning toeneemt naarmate grotere condensator-waarden in kleinere behuizingen worden samengeperst.

## 8.6 SMA, Surface Mounted Assembly



**Figuur 3/8.6-28:** Ceramische meerlaagcondensatoren in quader-uitvoering.




**Figuur 3/8.6-29:** Doorsnede door een ceramische SMD-condensator.

In figuur 3/8.6-29 is een doorsnedetekening van een ceramische SMD-condensator getekend. De condensator is samengesteld uit zeer vele lagen van afwisselend diëlectricum en elektrodes.
Het diëlectricum bestaat uit een zeer dunne ceramische film, waarop de elektrode door middel van een zeefdrukprocédé wordt aangebracht. Na het onder zeer hoge druk en gemiddelde temperatuur stapelen van de filmlagen wordt het geheel met folie beschermd. De condensator-"staaf" wordt vervolgens in stukjes gesneden en voorzien van de eindelektroden.
De tabel van figuur 3/8.6-30 geeft een overzicht van de capaciteitswaarden die door Philips leverbaar zijn in de twee standaard reeksen NPO en X7R. Leverbare toleranties zijn +/-20, +/-10 en +/-5 %, de maximale spanning bedraagt voor beide reeksen 50 V. De temperatuurscoëfficiënt bedraagt voor de NPO-reeks maximaal $+/-120.10^{-6}/°C$, voor de X7R-reeks wordt vermeld dat de waarde maximaal met +/-15 % varieert over het toelaatbare temperatuurbereik.

### De codering van quader-condensatoren

Hierover kan men kort zijn. Om de een of andere onduidelijke reden worden deze componenten niet gecodeerd! Bij montage van SMD-condensatoren is een goede digitale capaciteitsmeter met aangepast meetpincet dus onontbeerlijk!

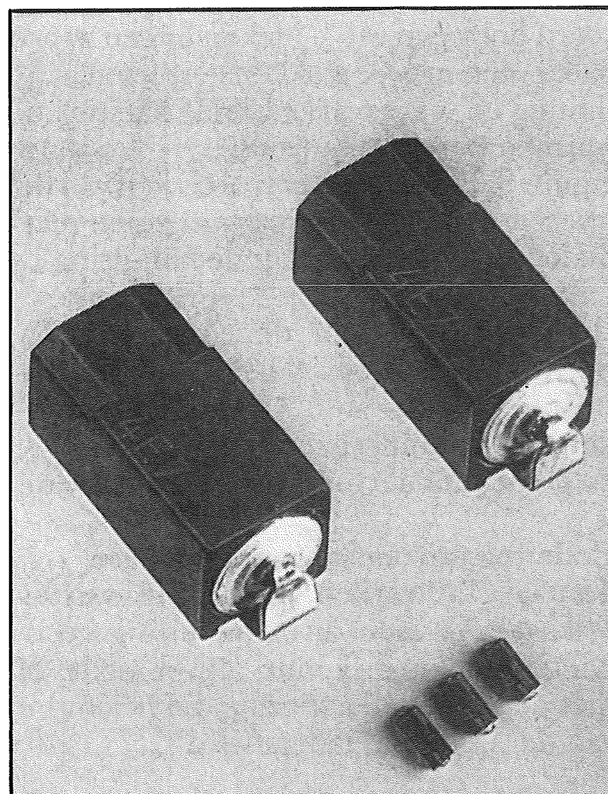
### Tantaal-condensatoren

Tantaal-condensatoren in SMD-behuizing zijn leverbaar met waarden tussen 0,1 en 100 µF en spanningen tussen 4 en 33 V. Omdat het niet mogelijk is deze componenten in de standaard quaderbehuizing onder te brengen hebben alle fabrikanten eigen creaties ontwikkeld, die allemaal uitgaan van de rechthoekvorm.

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**

| BEHUIZING | MIN. WAARDE (pF) | MAX. WAARDE (pF) |
|---|---|---|
| TYPE NPO | | |
| 0805 | 0,47 | 1000 |
| 1206 | 0,47 | 3300 |
| 1210 | 47 | 4700 |
| 1808 | 100 | 5600 |
| 1812 | 330 | 5600 |
| 2220 | 470 | 10000 |
| TYPE X7R | | |
| 0805 | 180 | 22000 |
| 1206 | 680 | 56000 |
| 1210 | 2200 | 100000 |
| 1808 | 2200 | 150000 |
| 1812 | 4700 | 270000 |
| 2220 | 12000 | 470000 |

**Figuur 3/8.6-30:** Overzicht van de leverbare capaciteiten in de gestandaardiseerde behuizingen.

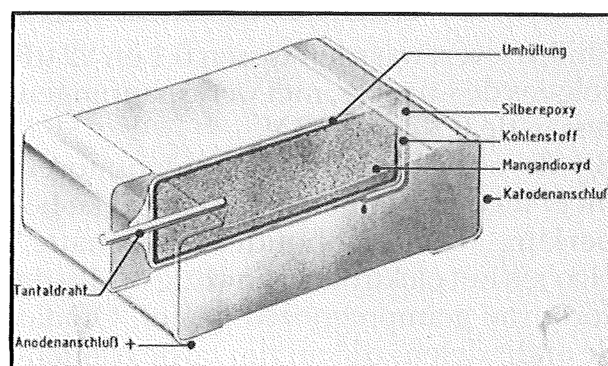


**Figuur 3/8.6-31:** Tantaal-condensatoren in SMD-uitvoering.

In figuur 3/8.6-31 is een typisch voorbeeld van een SMD-tantaal gefotografeerd.

In figuur 3/8.6-32 is een doorsnede geschetst van een tantaal-condensator. Basis is een rechthoekige anode van zeer zuiver gesinterd tantaal. Over deze anode is een zeer dun laagje oxide aangebracht, dat dienst doet als diëlectricum. Rond deze anode is een vast elektroliet aangebracht, meestal op basis van mangaandioxyde. Dit elektroliet is omgeven door een koolstofelektrode die dienst doet als kathode. Door middel van een epoxyhars met zilver wordt het elektrische contact tussen het koolstof en de kathode-aansluiting gegarandeerd.

In figuur 3/8.6-33 zijn de uiterlijke verschijning en de leverbare afmetingen samengevat van de reeks B45193 van Siemens.




**Figuur 3/8.6-32:** Doorsnede door een tantaal-condensator.

De positieve anode-aansluiting wordt, afhankelijk van de afmetingen, geïdentifi-

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**

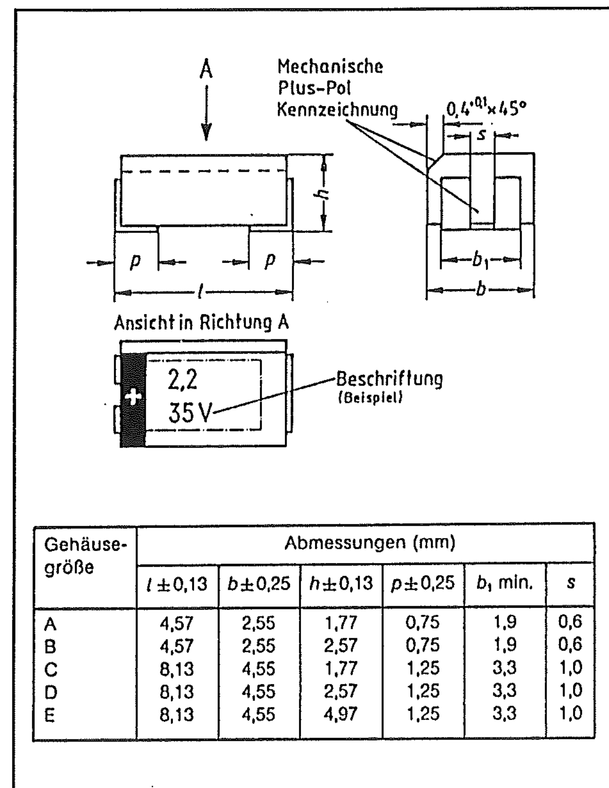
ceerd door een wit "+"-teken in een zwart balkje, een in twee stukken gespleten aansluiting en/of een afschuining aan de bovenzijde van de behuizing.
Figuur 3/8.6-34 geeft een overzicht van de leverbare waarden en spanningen in relatie tot de afmetingen van de behuizing.

De levensduur van de componenten wordt ingeschat op 500.000 uur. De lekstroom varieert van 0,5 µA tot 6,3 µA onder een spanningsbelasting gelijk aan $U_N$ en gemeten na 5 minuten bij 20 graden.

**Codering van tantaal-condensatoren**
Tantaal-C's worden, afhankelijk van fabrikaat en grootte van de behuizing, gecodeerd met de bekende "XYM"-code of met de standaard codering die bekend is van de "normale" tantaal-elco's.

**Elektrolytische condensatoren**
Men is er in geslaagd de afmetingen van "natte" elektrolytische condensatoren te reduceren tot ongeveer SMD-formaat. De meeste fabrikanten leveren deze componenten in een in figuur 3/8.6-35 voorgestelde vorm.

Philips levert waarden tussen 0,1 en 22 µF volgens de E6 reeks, met werkspanningen tussen de 6,3 en de 63 V.
Bij deze elektrolytische condensatoren moet men echter met een belangrijke beperking rekening houden. Bij "natte" elco's is het elektroliet aanwezig onder de vorm van geïmpregneerd papier. Omdat de onderdelen zo klein zijn zal de condensator bij het solderen behoorlijk opwarmen. Te hoge temperatuur van de elco heeft tot gevolg dat de elektrische eigenschappen kunnen degraderen. Men moet deze onderdelen dus zeer snel solderen met een zo laag mogelijke temperatuur.




| Gehäuse-größe | Abmessungen (mm) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $l \pm 0{,}13$ | $b \pm 0{,}25$ | $h \pm 0{,}13$ | $p \pm 0{,}25$ | $b_1$ min. | $s$ |
| A | 4,57 | 2,55 | 1,77 | 0,75 | 1,9 | 0,6 |
| B | 4,57 | 2,55 | 2,57 | 0,75 | 1,9 | 0,6 |
| C | 8,13 | 4,55 | 1,77 | 1,25 | 3,3 | 1,0 |
| D | 8,13 | 4,55 | 2,57 | 1,25 | 3,3 | 1,0 |
| E | 8,13 | 4,55 | 4,97 | 1,25 | 3,3 | 1,0 |

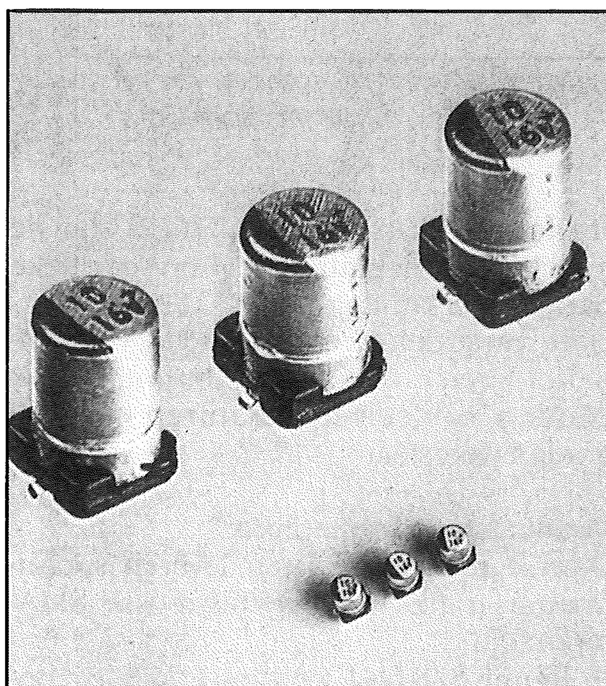
**Figuur 3/8.6-33:** Uitvoering en leverbare afmetingen van de B45193 reeks van Siemens.

**Condensator-trimmers**
Het zal geen verbazing wekken dat er op het gebied van SMD-trimmers niets gestandaardiseerd is. Vandaar dat in dit overzicht wordt volstaan met het bespreken van de karakteristieken van het model 3060 van Stettner.
Deze onderdelen worden voorgesteld in figuur 3/8.6-36, de afmetingen zijn gegeven in figuur 3/8.6-37, een overzicht van leverbare waarden met kleur-codering volgt uit de tabel van figuur 3/8.6-38.
De trimmers hebben een isolatieweerstand van $10^{10}$ Ω, een maximale spanning van 25 V, een tolerantie van maximaal +/-50 %, een draaihoek van 180 ° en een drift van +/-2 % gemeten vijf minuten na het instellen.

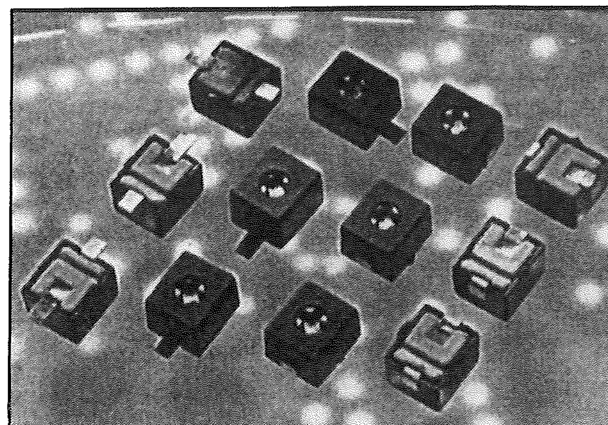
## 8.6 SMA, Surface Mounted Assembly

| WAARDE (µF) | 6,3 V | 10 V | 16 V | 25 V | 35 V | 50 V |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,1 | | | | | A | A |
| 0,15 | | | | | A | A |
| 0,22 | | | | | A | A |
| 0,33 | | | | | A | B |
| 0,47 | | | | | A | B |
| 0,68 | | | | A | B | C |
| 1 | | | A | B | B | C |
| 1,5 | | A | | B | C | C |
| 2,2 | | A | B | C | C | D |
| 3,3 | A | B | | C | C | D |
| 4,7 | | B | | C | D | E |
| 6,8 | B | | C | D | E | |
| 10 | | C | | D | E | |
| 15 | | C | D | E | | |
| 22 | C | D | | E | | |
| 33 | | D | E | | | |
| 47 | D | E | | | | |
| 68 | D | E | | | | |
| 100 | E | | | | | |

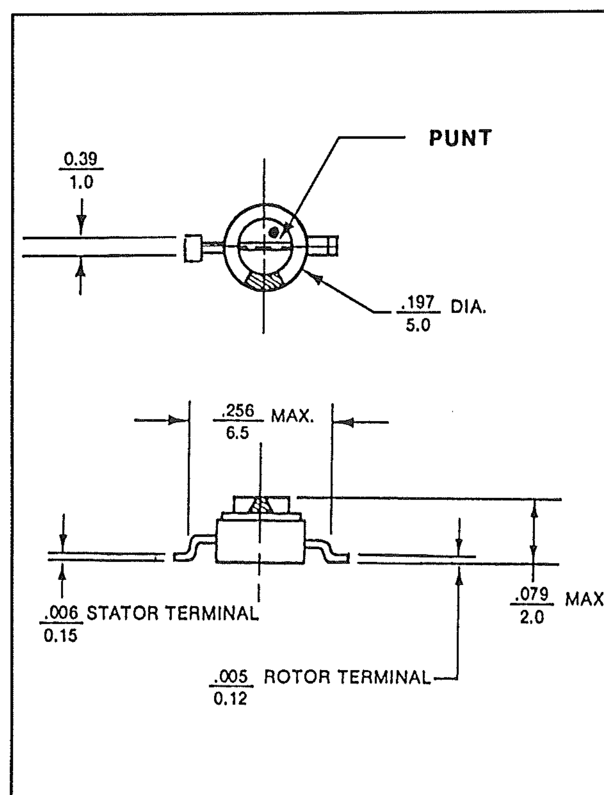
**Figuur 3/8.6-34:** Verband tussen de waarde, de maximale spanning en de afmetingen van de B45193 tantaalcondensatoren van Siemens.



**Figuur 3/8.6-35:** "Natte" elektrolytische condensatoren in SMA-design.



**Figuur 3/8.6-36:** Condensator-trimmers van Stettner voor SMA-montage.




**Figuur 3/8.6-37:** Afmetingen van de Stettner trimmers.

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**

| KAPACITEIT (pF) | KLEURPUNT |
|---|---|
| 1 - 2,5 | BRUIN |
| 1 - 4,5 | WIT |
| 1 - 6,0 | BLAUW |
| 1 - 9,0 | GEEL |
| 1 - 12,0 | PAARS |
| 1 - 15,0 | ORANJE |
| 1 - 22,0 | GEEN |

**Figuur 3/8.6-38:** Leverbare capaciteits-waarden en codering van de trimmers.

Opgemerkt dient te worden dat deze onderdelen niet bestand zijn tegen dompelsolderen!

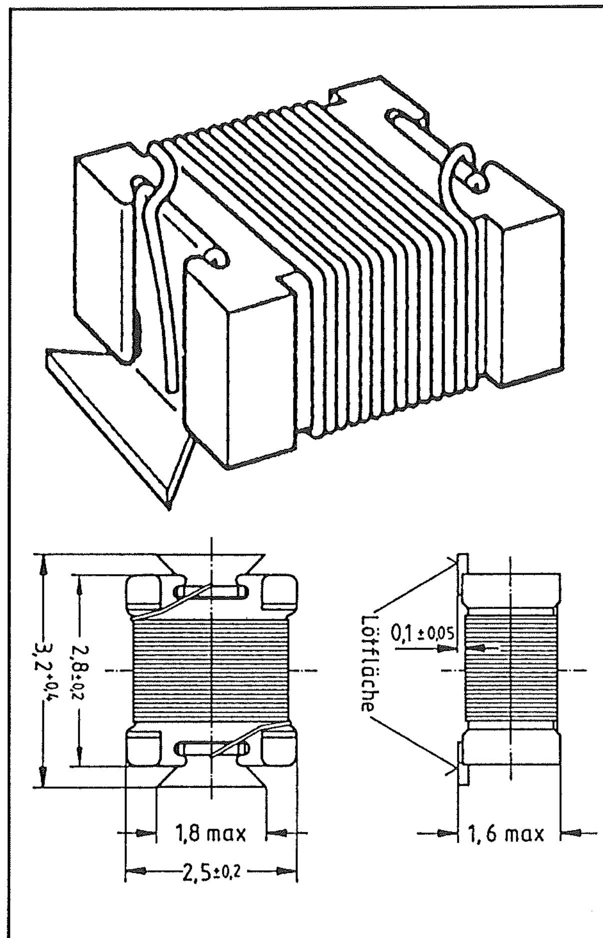
# Spoelen in SMA-technologie

**Geen standaardisatie!**

Ongelooflijk maar waar! Diverse fabrikanten slagen er in spoeltjes die niet groter zijn dan 3 bij 2 bij 2,5 mm op de markt te brengen!

Helaas heeft iedere fabrikant zo zijn eigen ideeën over vorm en raster, zodat men bij het ontwerpen van printen waarop spoeltjes ondergebracht moeten worden eerst zeker moet zijn van de leverbaarheid van een bepaald model.

Als voorbeeld worden spoeltjes van Siemens beschreven, die de roepnaam "SIMID" hebben meegekregen. Uiterlijke verschijning en afmetingen zijn getekend in figuur 3/8.6-39.




**Figuur 3/8.6-39:** MD-spoeltjes van het type "SIMID" van Siemens.

In de tabel van figuur 3/8.6-40 zijn de leverbare inductanties met hun specifieke parameters samengevat.

Deze onderdelen zijn bestand tegen dompelsolderen en kunnen gedurende 10 seconden soldeertemperaturen tot 260 graden weerstaan.

**Voedingstransformatoren**

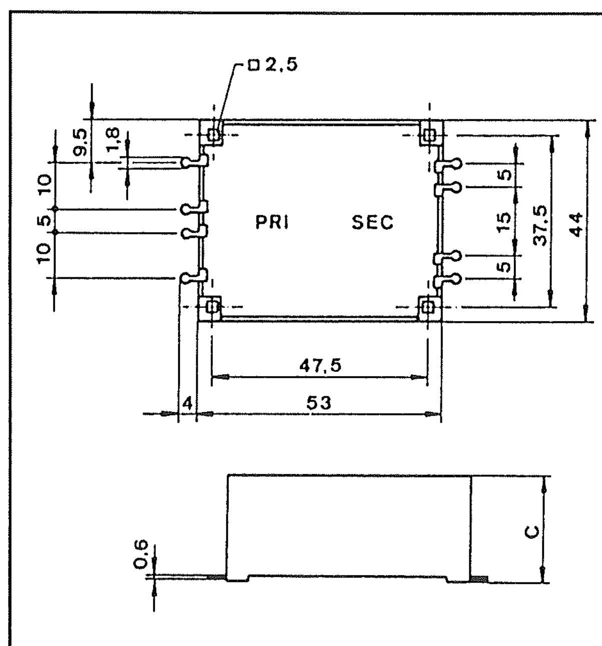
Diverse printfabrikanten leveren subminiatuur trafo's voor rechtstreekse SMA-montage.

In figuur 3/8.6-41 worden transformatoren van het type "FLSM" van Block voorgesteld.

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**

| Induktivität L µH | Güte bei Meßfrequenz $Q_{min.}$ | MHz | Nennstrom $I_N$ mA | Gleichstromwiderstand $R_{max.}$ Ω | Resonanzfrequenz $f_{min.}$ MHz |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,068 | 35 | 50 | 400 | 0,30 | 900 |
| 0,1 | 35 | 50 | 380 | 0,35 | 760 |
| 0,15 | 35 | 50 | 340 | 0,43 | 620 |
| 0,22 | 35 | 50 | 300 | 0,55 | 510 |
| 0,33 | 35 | 50 | 260 | 0,70 | 410 |
| 0,47 | 35 | 35 | 225 | 1,00 | 350 |
| 0,68 | 35 | 35 | 175 | 1,60 | 300 |
| 1,0 | 35 | 7,96 | 330 | 0,45 | 250 |
| 1,5 | 35 | 7,96 | 300 | 0,55 | 210 |
| 2,2 | 35 | 7,96 | 270 | 0,70 | 170 |
| 3,3 | 40 | 7,96 | 200 | 1,10 | 140 |
| 4,7 | 40 | 7,96 | 160 | 1,80 | 120 |
| 6,8 | 40 | 7,96 | 120 | 3,50 | 100 |
| 8,2 | 45 | 7,96 | 110 | 3,80 | 90 |

**Figuur 3/8.6-40:** Leverbare inductanties in de "SI-MID"-reeks van Siemens.




**Figuur 3/8.6-41:** SMD-transformatoren van Block.

Deze transformatoren zijn kortsluitvast. In serie met de beide primaire wikkelingen zijn thermische contacten opgenomen, die openen als de temperatuur van de wikkelingen een bepaalde maximale waarde overschrijdt. Door deze ingebouwde beveiliging vervalt de noodzaak zekeringen op te nemen. Na afkoeling van de trafo sluiten de contacten weer en is de trafo weer gebruiksklaar.
De trafo's kunnen op de gebruikelijke manier worden verwerkt op de printen, maar kunnen na het solderen nog eens worden bevestigd met vier zelftappertjes in de vier hoeken van de behuizing.
Deze SMD-trafo's zijn leverbaar met secundaire vermogens van 4, 6, 12, 18 en 24 VA en met secundaire spanningen van 2 x 5, 6, 8, 9, 12, 15 en 18 V.

# Dioden in SMA-technologie

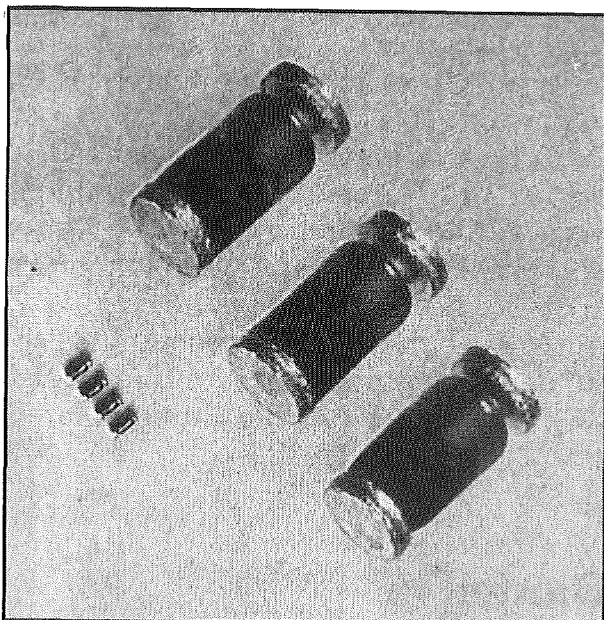
**Dioden in SOD-80 behuizing**
In principe wijkt de constructie van een diode in SOD-80 behuizing niet wezenlijk af van deze van een diode met draadaansluitingen.

In de foto van figuur 3/8.6-42 zijn drie van dergelijke onderdelen op ware grootte en flink uitvergroot geportretteerd.

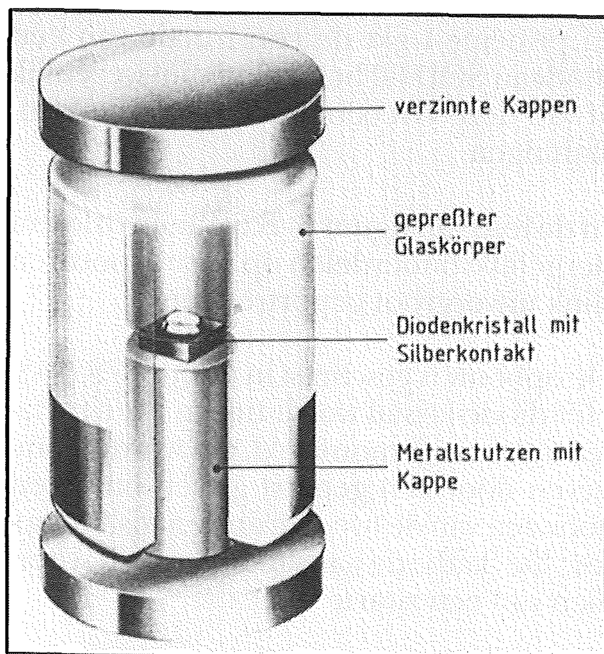
De opbouw is geschetst in figuur 3/8.6-43. Het diode-kristal wordt tussen twee metalen steunen gemonteerd, die worden omgeven door een geperst glazen buisje en voorzien van de twee vertinde aansluitkapjes. De kathode-aansluiting wordt voorzien van een zwarte indicatie.

In SOD-80 treft men voornamelijk universeel toepasbare silicium dioden aan, waarbij de maximale doorlaatstroom meestal gelijk is aan 150 mA, de sperspanning tussen de 75 en de 100 V ligt en de spercapaciteit kleiner is dan 4 pF.

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**



**Figuur 3/8.6-42:** Drie dioden in SOD-80 behuizing.




**Figuur 3/8.6-43:** De constructie van een SOD-80 diode.

Daarnaast worden er ook volledige reeksen zenerdioden aangeboden, met spanningen van 1 V tot 51 V en een aanbevolen stroom van 5 mA.
De dynamische impedantie ligt tussen de 6,5 en de 70 Ω, de temperatuurscoëfficiënt stijgt van -2,6 tot +12 mV/°C.

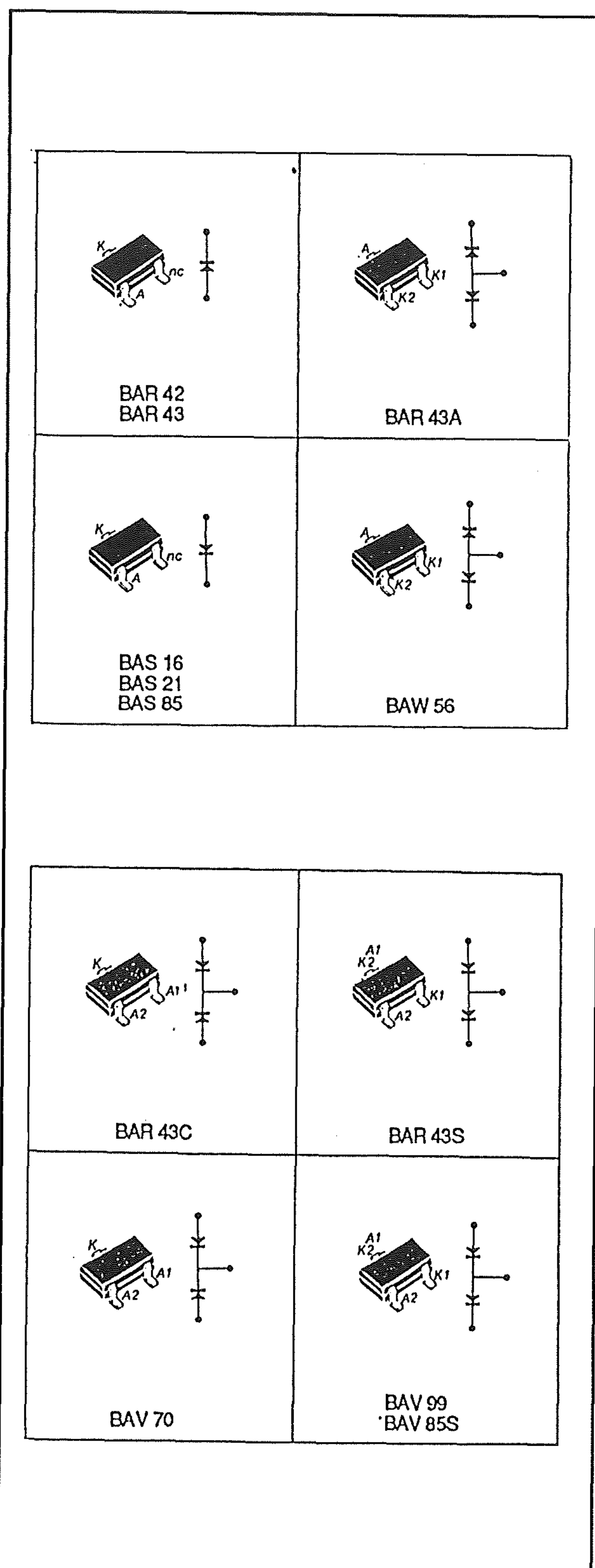
**Type-codering van SOD-80 dioden**
Behalve de duidelijk herkenbare kathodeband zal men tevergeefs naar enige codering zoeken. Universeelmeter, stroombron en aangepast meetpincet zijn dus onontbeerlijk!

**Dioden en diode-combinaties in SOT-23 behuizing**
Deze in wezen voor transistoren ontwikkeld behuizing wordt toch vaak gebruikt voor het onderbrengen van enkelvoudige of samengestelde dioden. In figuur 3/8.6-44 zijn enige vaak voorkomende configuraties geschetst.

Standaardisatie is dus ver te zoeken zodat ook nu geldt dat men de nodige apparatuur, zoals een universeelmeter of geleidingstester in de buurt moet hebben! Tot overmaat van ramp brengen diverse fabrikanten ook nog eens zogenaamde R-typen (Reverse) op de markt, waarbij anode- en kathode-aansluitingen omgewisseld zijn.
Dat kan handig zijn voor het vereenvoudigen van de print lay-out, maar doet zeer zeker afbreuk aan de overzichtelijkheid van het gehele SMD-gebeuren.

**Codering van SOT-23 dioden**
De SOD-23 behuizing is te klein om een volledig typenummer te vermelden. Vandaar dat men meestal gebruik maakt van een tweeletter code of een code die bestaat uit een cijfer en een letter. In de tabel van figuur 3/8.6-45 zijn de SMD-codes voor enige polulaire dioden gegeven.

## 8.6 SMA, Surface Mounted Assembly

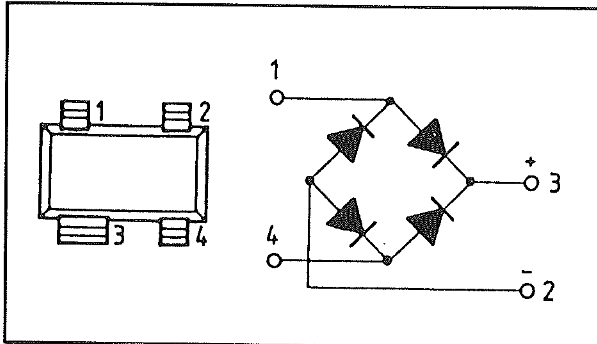



**Figuur 3/8.6-44:** Aansluitgegevens van dioden in SOT-23 behuizing

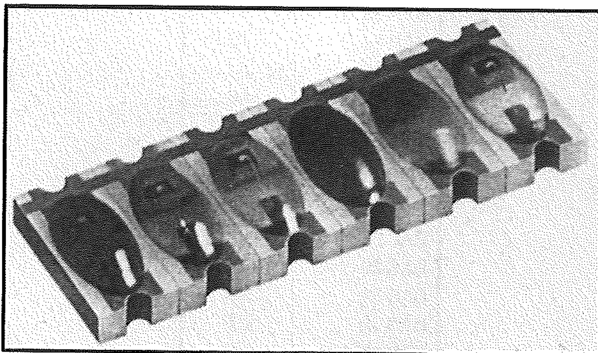
| SMD-Typ | Stempel |
|---|---|
| BA 621 | |
| BA 629 | |
| BA 679 | |
| BA 682 | rot |
| BA 683 | rot/orange |
| BA 885 | PA |
| BAL 74 | JC |
| BAL 99 | JF |
| BAQ 33 | |
| BAQ 34 | |
| BAQ 35 | |
| BAR 14-1 | L7 |
| BAR 15-1 | L8 |
| BAR 16-1 | L9 |
| BAR 28 | |
| BAR 74 | JB |
| BAR 99 | JG |
| BAS 16 | A6 |
| BAS 17 | A91 |
| BAS 19 | A8 |
| BAS 20 | A81 |
| BAS 21 | A82 |
| BAS 28 | A61 |
| BAS 29 | L20 |
| BAS 31 | L21 |
| BAS 32 | L22 |
| BAS 35 | L22 |
| BAS 40 | 43 |
| BAS 40-04 | 44 |
| BAS 40-05 | 45 |
| BAS 40-06 | 46 |
| BAS 56 | L51 |
| BAS 70 | 73 |
| BAS 70-04 | 74 |
| BAS 70-05 | 75 |
| BAS 70-06 | 76 |
| BAT 17 | A3 |
| BAT 17-04 | 54 |
| BAT 17-05 | 55 |
| BAT 17-06 | 56 |
| BAT 18 | A2 |
| BAV 70 | A4/JJ |
| BAV 74 | JA |
| BAV 99 | A7/JE |
| BAV 100 | grün/ schwarz |
| BAV 101 | grün/braun |
| BAV 102 | grün/rot |
| BAV 103 | grün/ orange |
| BAW 56 | A1/JD |

**Figuur 3/8.6-45:** De SMD-code van een aantal silicium-dioden.

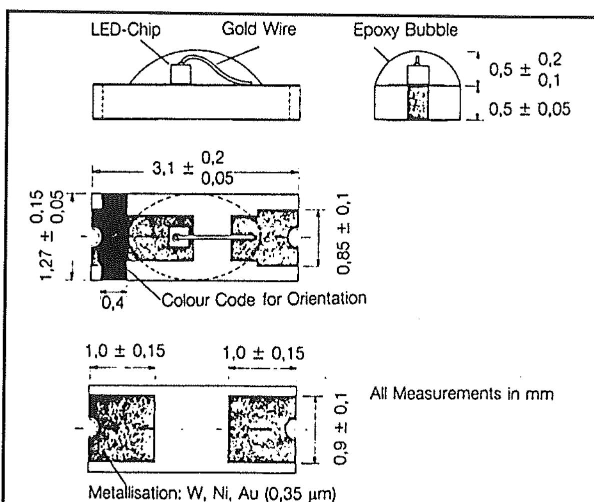
## 8.6 SMA, Surface Mounted Assembly



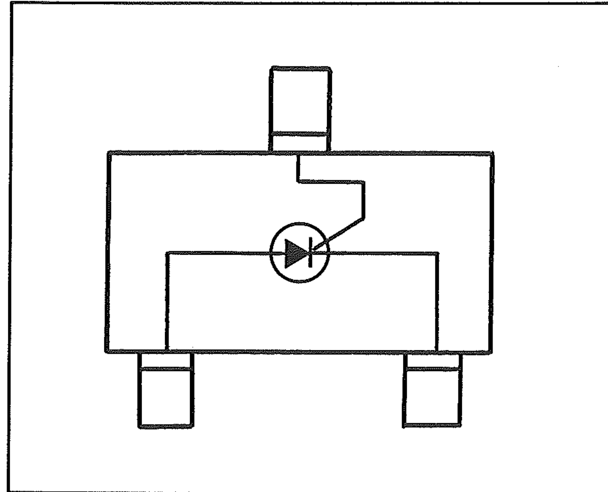

**Figuur 3/8.6-46:** Een de-facto standaard aansluiting voor bruggelijkrichters.



**Figuur 3/8.6-47:** CERLED dioden kunnen door hun specifieke constructie tot rijen gecombineerd worden.




**Figuur 3/8.6-48:** De afmetingen van de CERLED's optische dioden.



**Figuur 3/8.6-49:** Aansluitgegevens van thyristoren in SOT-23 behuizing.

**Bruggelijkrichters in SOT-143 behuizing**
In figuur 3/8.6-46 is een vaak voorkomende aansluiting van bruggelijkrichters in SOT-143 getekend. Gelukkig worden de aansluitingen gecodeerd, zodat geen onduidelijkheid kan ontstaan. De SMD-gelijkrichters leveren ongekoeld 0,5 A en zijn leverbaar voor wisselspanningen van 40, 80, 160 en 250 V.

**Optische dioden in SMD**
Foto-dioden en LED's worden door de meeste fabrikanten geleverd in SOT-23 behuizing. Daarnaast wordt gewezen op de zogenaamde "CERLED's", zie figuur 3/8.6-47, die door diverse fabrikanten worden geleverd. De kleine lens op de chip kan zowel transparant als diffuus zijn. Alle voorkomende kleuren + infrarood staan ter beschikking. Nominale stroom bedraagt 20 mA, de lichtopbrengst gaat van 20 mcd (rood) tot 4,8 mcd (groen). De afmetingen van deze "CERLED's" zijn samengevat in figuur 3/8.6-48.

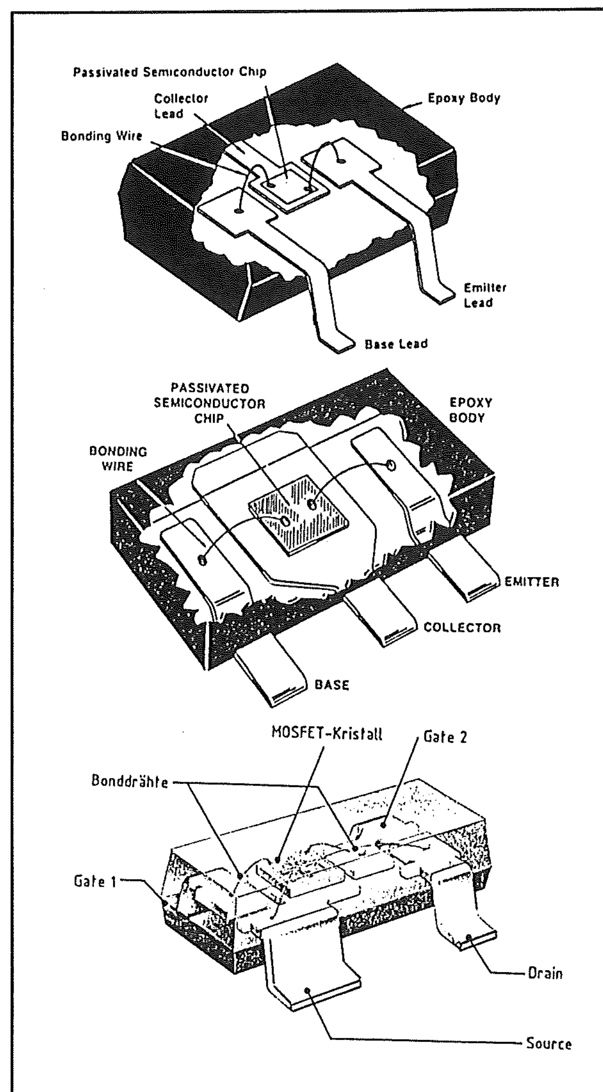
**Thyristoren in SOT-23**
Kleinvermogen thyristoren worden met de aansluitingen van figuur 3/8.6-49 gele-

verd met stromen tot 100 mA en sperspanningen tot 150 V. Deze aansluitvolgorde lijkt gestandaardiseerd te zijn. Triac's zijn op dit moment nog niet aangetroffen in de catalogi van de fabrikanten!

# Transistoren in SMA-technologie

### Enkelvoudige transistoren in SOT-23 en SOT-89

Wat betreft de aansluitingen van bipolaire transistoren, FET's en MOSFET's bestaan er gestandaardiseerde afspraken tussen de fabrikanten, die in figuur 3/8.6-50 zijn samengevat. In principe kan men stellen dat iedere transistor die onder de vorm van een normale behuizing met draadaansluitingen op de markt is, zonder enig technisch probleem ook onder de vorm van een SMD geleverd kan worden. Het is alleen de vraag uit de industrie die bepaalt hoe het marktaanbod zich zal ontwikkelen. De specificaties van de SMD-transistoren zijn in grote lijnen gelijk aan deze van de voorgangers in grote behuizingen, met als enige restrictie het maximale vermogen van de SOT-behuizingen.

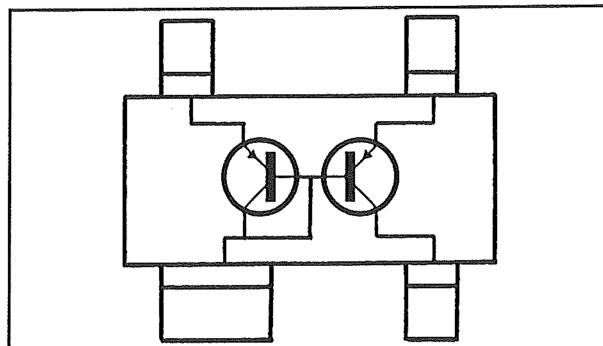



**Figuur 3/8.6-50:** Aansluitgegevens van transistoren in de drie behuizingen.

**Let op! Van diverse transistoren worden R-typen geleverd, waarbij de linker en rechter aansluiting van functie verwisseld zijn. Dit veraangenaamt het leven van een printtekenaar in grote mate. Dit wordt in de codering aangegeven door het opnemen van een "R" achter de normale code.**

### Transistor-combinaties in SOT-143

Diverse fabrikanten leveren transistorparen in SOT-143 behuizing volgens het aansluitschema van figuur 3/8.6-51.



**figuur 3/8.6-51:** Aansluitgegevens van transistor-paren.

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**

| SMD-Typ | Stempel | SMD-Typ | Stempel | SMD-Typ | Stempel | SMD-Typ | Stempel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BC 850 CR | 2GR | BCV 62 | C91 | BCW 67 CR | DW | BCX 54-16 | BD |
| BC 856 A | 3A | BCV 71 | K7 | BCW 68 F | DF | BCX 55 | BE |
| BC 856 AR | 3AR | BCV 71 R | K71 | BCW 68 FR | DX | BCX 55-6 | BF |
| BC 856 B | 3B | BCV 72 | K8 | BCW 68 G | DG | BCX 55-10 | BG |
| BC 856 BR | 3BR | BCV 72 R | K81 | BCW 68 GR | DY | BCX 55-16 | BM |
| BC 857 A | 3E | BCW 29 | C1 | BCW 68 H | DH | BCX 56 | BH |
| BC 857 AR | 3ER | BCW 29 R | C4 | BCW 68 HR | DZ | BCX 56-6 | BJ |
| BC 857 B | 3F | BCW 30 | C2 | BCW 69 | H1 | BCX 56-10 | BK |
| BC 857 BR | 3FR | BCW 30 R | C5 | BCW 69 R | H4 | BCX 56-16 | BL |
| BC 857 C | 3G | BCW 31 | D1 | BCW 70 | H2 | BCX 68 | CA |
| BC 857 CR | 3GR | BCW 31 R | D4 | BCX 70 GR | AU | BCX 68-10 | CB |
| BC 858 A | 3J | BCW 32 | D2 | BCX 70 HR | AW | BCX 68-16 | CC |
| BC 858 AR | 3JR | BCW 32 R | D5 | BCX 70 JR | AX | BCX 68-25 | CD |
| BC 858 B | 3K | BCW 33 | D3 | BCX 70 KR | AY | BCX 69 | CE |
| BC 858 BR | 3KR | BCW 33 R | D6 | BCW 70 R | H5 | BCX 69-16 | CG |
| BC 858 C | 3L | BCW 60 A | AA | BCW 71 | K1 | BCX 69-25 | CH |
| BC 858 CR | 3LR | BCW 60 AR | AO | BCX 71 GR | BU | BCX 70 G | AG |
| BC 859 A | 4B | BCW 60 B | AB | BCX 71 HR | BW | BCX 70 H | AH |
| BC 859 AR | 4BR | BCW 60 BR | AP | BCX 71 JB | BX | BCX 70 J | AJ |
| BC 859 B | 4B | BCW 60 C | AC | BCX 71 KR | BY | BCX 70 K | AK |
| BC 859 BR | 4BR | BCW 60 CR | AR | BCW 71 R | K4 | BCX 71 G | BG |
| BC 859 C | 4C | BCW 60 D | AD | BCW 72 | K2 | BCX 71 H | BH |
| BC 859 CR | 4CR | BCW 60 D | AS | BCW 72 R | K5 | BCX 71 J | BJ |
| BC 860 A | 4E | BCW 60 FF | AF | BCW 81 | K3 | BCX 71 K | BK |
| BC 860 AR | 4ER | BCW 60 FN | AN | BCW 81 R | K31 | BF 510 | S6 |
| BC 860 B | 4F | BCW 61 A | BA | BCW 89 | H3 | BF 511 | S7 |
| BC 860 BR | 4FR | BCW 61 AR | BO | BCW 89 R | H31 | BF 512 | S8 |
| BC 860 C | 4G | BCW 61 B | BB | BCX 17 | T1 | BF 513 | S9 |
| BC 860 CR | 4GR | BCW 61 BR | BP | BCX 17 R | T4 | BF 517 | LR |
| BC 868 | CAC | BCW 61 C | BC | BCX 18 | T2 | BF 536 | G3 |
| BC 869 | CEC | BCW 61 CR | BR | BCX 18 R | T5 | BF 550 | G2/LA |
| BCF 29 | C7 | BCW 61 D | BD | BCX 19 | U1 | BF 550 R | G5 |
| BCF 29 R | C77 | BCW 61 DR | BS | BCX 19 R | U4 | BF 554 | CC |
| BCF 30 | C8 | BCW 61 FF | BF | BCX 20 | U2 | BF 569 | G6/LH |
| BCF 30 R | C9 | BCW 61 FN | BG | BCX 20 R | U5 | BF 569 R | G61 |
| BCF 32 | D7 | BCW 65 A | EA | BCX 41 | EK | BF 579 | G7/LJ |
| BCF 32 R | D77 | BCW 65 AR | ET | BCX 42 | DK | BF 599 | NB |
| BCF 33 | D8 | BCW 65 B | EB | BCX 51 | AA | BF 620 | DC |
| BCF 33 R | D81 | BCW 65 BH | EU | BCX 51-6 | AB | BF 621 | DF |
| BCF 70 | H7 | BCW 65 C | EC | BCX 51-10 | AC | BF 622 | DA |
| BCF 70 R | H71 | BCW 65 CR | EW | BCX 51-16 | AD | BF 623 | DB |
| BCF 81 | K9 | BCW 66 F | EF | BCX 52 | AE | BF 660 | G8/LE |
| BCF 81 R | K91 | BCW 66 FR | EX | BCX 52-6 | AF | BF 767 | G9 |
| BCV 26 | FD | BCW 66 G | EG | BCX 52-10 | AG | BF 770 A | LS |
| BCV 27 | FF | BCW 66 GR | EY | BCX 52-16 | AM | BF 775 | LO |
| BCV 28 | ED | BCW 66 H | EH | BCX 53 | AH | BF 799 | LK |
| BCV 29 | EF | BCW 66 HR | EZ | BCX 53-6 | AJ | BF 820 | 1V |
| DCV 29 | EG | BCW 67 A | DA | DCX 53-10 | AK | BF 821 | 1W |
| BCV 46 | FE | BCW 67 AR | DT | BCX 53-16 | AL | BF 822 | 1X |
| BCV 47 | FG | BCW 67 B | DB | BCX 54 | BA | BF 823 | 1Y |
| BCV 48 | EE | BCW 67 BR | DU | BCX 54-6 | BB | BF 824 | F8 |
| BCV 61 | D91 | BCW 67 C | DC | BCX 54-10 | BC | BF 840 | F3 |

**Figuur 3/8.6-52:** De relatie tussen het gebruikelijke typenummer van een transistor en de SMD-codering.

### Codering van SMD-transistoren

Transistoren worden gecodeerd door middel van een letter/cijfer-combinatie. Een logische samenhang in de samenstelling van deze code kan, zelfs met de beste wil van de wereld, niet ontdekt worden! Bovendien doet zich het probleem voor dat diverse fabrikanten een en dezelfde code gebruiken voor twee heel verschillende transistoren. Zo wordt de code "AC" zowel gebruikt voor een BCX51 in SOT-89 als voor een BCW60C in SOT-23. Men kan zonder meer stellen dat de industrie, tegenwoordig toch tamelijk doordrongen van het feit dat de wereld niet ophoudt buiten de fabriekspoorten, een unieke kans heeft laten liggen.
Het zou veel te ver gaan in dit overzichtsartikel een alle fabrikanten en alle typen omvattende conversie-tabel af te drukken. Verwezen wordt naar gespecialiseerde literatuur, zoals het boek "SMD" van Alfred Härtl uitgegeven door Härtl-Verlag 8452 Hirschau, waarin een inmiddels uiteraard alweer verouderde en onvolledige conversietabel wordt gegeven van enige honderden transistoren.
In de tabel van figuur 3/8.6-52 zijn enige pagina's uit dit boek in verkleinde vorm afgedrukt.

## IC's in SMA-technologie

### Breed aanbod

Over IC's in SMD-technologie, voorgesteld in figuur 3/8.6-53, kan men kort zijn. In principe kan men zonder enig technisch probleem iedere chip die men in een normale DIL-behuizing monteert, net zo goed in een SO-behuizing op de markt brengen. Ook nu geldt dat voornamelijk de industriële vraag de uitbreiding van het aanbod bepaalt. De meeste digitale families uit de TTL en CMOS-technologie zijn op dit moment in SO-behuizing leverbaar. Voor lineaire schakelingen geldt dat, naast de onvermijdelijke standaarden als operationele versterkers en comparatoren, het voornamelijk ingewikkelde schakelingen uit de consumer- en telefonie-markt zijn die als eerste werden omgezet in SO-behuizing. Dit uiteraard vanwege het feit dat de fabrikanten deze schakelingen in hun eigen productie-fabrieken nodig hebben voor het automatisch bestukken

van printen voor hun consumer- en telecommunicatie-apparatuur.

# Overige componenten

### Inleiding

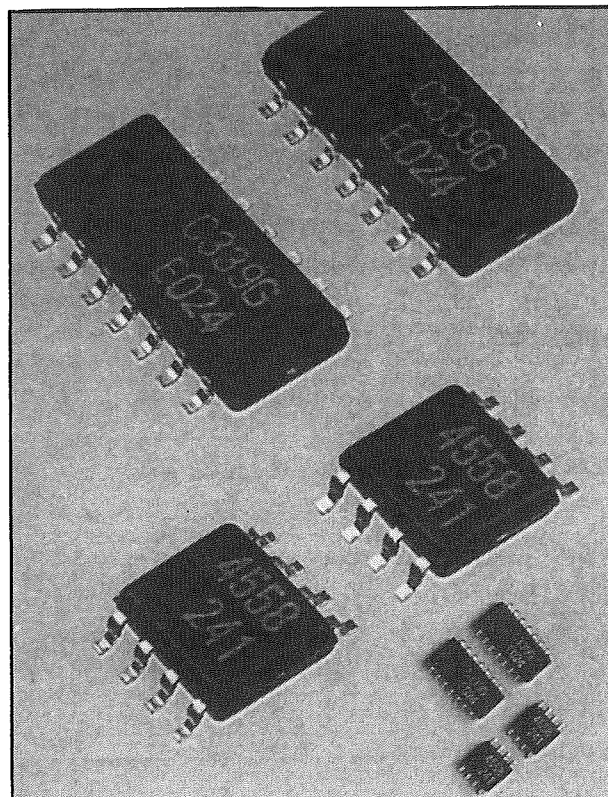
Op dit moment zijn er eigenlijk geen elektronische onderdelen te verzinnen die niet alreeds in aangepaste geminiaturiseerde vorm ter beschikking staan voor de SMD-technologie.
Omdat de behuizingen van deze componenten absoluut (nog) niet gestandaardiseerd zijn heeft het geen zin om er in dit overzicht uitvoerig op in te gaan.

Wel wordt een overzicht gegeven van SMD-componenten, die in de diverse catalogi die de literatuur-achtergrond van dit artikel vormden, werden tegen gekomen en worden enige nuttige en vaak toegepaste componenten afzonderlijk besproken.

### Overzicht

Onderstaande componenten kunnen op dit moment onder de vorm van SMD's worden aangeschaft:

- Miniatuur spoellichamen voor het wikkelen van HF-spoelen;
- Optische koppelaars;
- Varistoren;
- NTC en PTC weerstanden;
- Stroombegrenzingsdioden;
- Hall-sensoren;
- Kristallen;
- Piëzoceramische zoemers;
- DIL-schakelaars;
- Relais;
- Ceramische bandfilters voor AM en FM.




**Figuur 3/8.6-53:** Geïntegreerde schakelingen onder de vorm van SMD's.

### Ceramische bandfilters

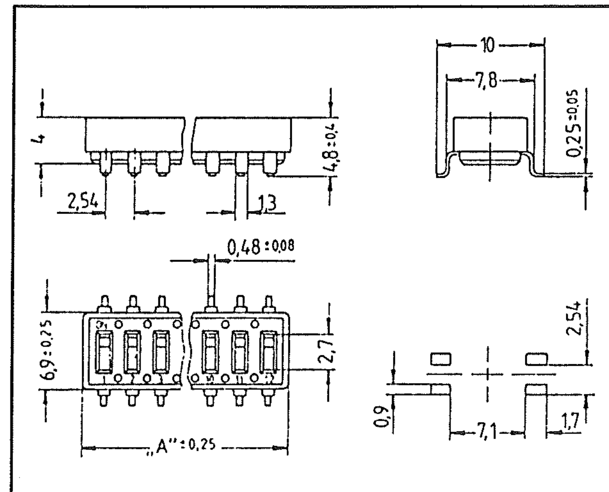
Ceramische bandfilters worden vaak toegepast in afgestemde versterkers in ontvangers voor afstandsbediening en het is dus niet onlogisch deze even afzonderlijk te bespreken.

De firma MURATA levert onder de soortnaam "CERAFIL" subminiatuur filters met doorlaatfrequenties van 455 kHz en 10,7 MHz.
Er bestaan twee types, enkelvoudige en tweevoudige, waarvan de afmetingen en de interne schema's zijn samengevat in figuur 3/8.6-54.

De elektrische karakteristieken zijn gelijk aan de al jaren bekende filters voor "normale" montage.

### DIL-schakelaars

De enige schakelaars die op dit moment ter beschikking staan voor SMA-montage zijn de SMD-uitvoeringen van de bekende DIL-schakelaars.
In figuur 3/8.6-55 zijn de afmetingen van dergelijke schakelaars getekend. De onderdelen zijn leverbaar met 4 tot 16 segmenten.

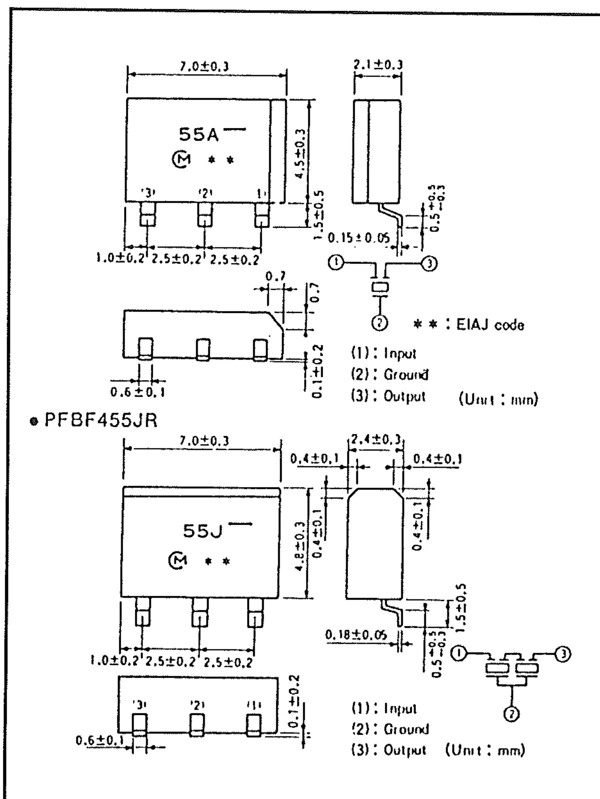



Figuur 3/8.6-55: SMD-uitvoering van DIL-schakelaars.

# Ontwerp van printen

### Inleiding

Bij het ontwerpen van een SMA-schakeling moet men met meer factoren rekening houden dan bij het ontwerpen van "gewone" schakelingen.




Figuur 3/8.6-54: Ceramische filters in SMD-behuizing voor middenfrequent versterkers voor AM en FM.

Het ontwerp-proces kan in grote lijnen als volgt ingedeeld worden:
- schakeling theoretisch bedenken;
- eerste proto-type bouwen en testen;
- alle noodzakelijke SMD-onderdelen verzamelen;
- kiezen voor enkelzijdig of dubbelzijdig ontwerp;
- print ontwerpen;
- tweede (nu SMD) proto-type bouwen.

### Schakeling theoretisch bedenken

Verschil met het bedenken van een "normale" schakeling is dat men zich steeds de vraag moet stellen of een bepaald onderdeel op dit moment wel onder de vorm van een SMD leverbaar is. Dit geldt zeer zeker voor speciale analoge IC's. Daarbij is er nog een levensgroot verschil tussen "verkrijgbaar zijn" en "op de werkbank hebben liggen"! Zeer verstandig is, alvorens een schakeling te ontwerpen, eerst alle speciale SMD-onderdelen in huis te halen. Blijkt dat bepaalde geïntegreerde schakelingen niet leverbaar zijn, dan kan men kiezen tussen twee kwaden. Ofwel een niveau teruggaan in de ontwerp-technologie en de schakelfunctie met wél

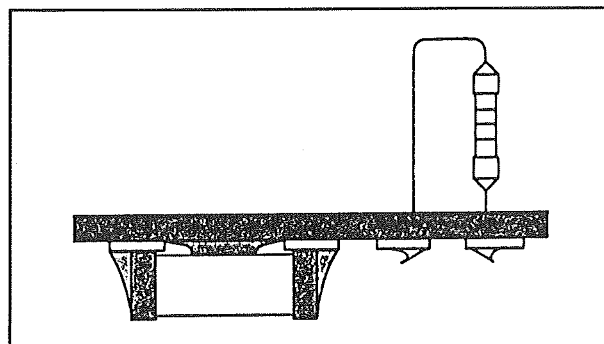
**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**

verkrijgbare IC's of discrete onderdelen ontwerpen, ofwel kiezen voor een hybride-opbouw, waarbij zoveel mogelijk onderdelen als SMD worden ingezet en alleen een aantal zeer speciale onderdelen discreet in de print worden opgenomen.
Zoals uit figuur 3/8.6-56 blijkt is het namelijk zonder meer mogelijk SMD's te mengen met "gewone" onderdelen. De "gewone" onderdelen worden via gaatjes op de printsporen gesoldeerd, de SMD's worden rechtstreeks op de koperzijde van de print gemonteerd.

**Eerste proto-type bouwen en testen**
Het zal duidelijk zijn dat SMD's zich absoluut niet lenen voor het in "spinneweb-technologie" opbouwen van een proefschakeling. In wezen verandert er dus helemaal niets in deze ontwerp-fase.

**Alle noodzakelijke SMD-onderdelen verzamelen**
Een zeer belangrijke stap, omdat SMD's per definitie geen aansluitdraadjes hebben die eventueel verbogen kunnen worden om een onderdeel toch in een verkeerd printraster te laten passen! Met "alle" wordt echt alle bedoeld! In de praktijk blijkt immers maar al te vaak dat een betrouwbare leverancier, die adverteert met ceramische condensatoren van type A en merk B opeens omschakelt naar type C van merk D. Het is dan maar de vraag of deze onderdelen dezelfde behuizing hebben.

**Kiezen voor enkel- of dubbelzijdig ontwerp**
Dat is een beslissing die in eerste instantie afhangt van de plaats die ter beschikking staat voor het inbouwen van de schakeling.



**Figuur 3/8.6-56:** Hybride-opbouw, waarbij SMD's worden gemengd met "normale", niet als SMD te verkrijgen onderdelen.

Moet alles zo klein mogelijk zijn, bijvoorbeeld omdat de schakeling in een Märklin locomotief ingebouwd moet worden, dan kan men overwegen de schakeling dubbelzijdig te ontwerpen.
Zoals uit figuur 3/8.6-57 volgt, kan men SMD's "zonder enige probleem" aan weerszijden van een print monteren. Doorverbindingen tussen boven- en onder-banen worden dan op de gebruikelijke manier doorgecontacteerd of voorzien van speciale pennetjes. Dat "zonder enig probleem" staat niet voor niets tussen aanhalingstekens, want het ontwerpen van een SMD-print is geen sinecure, zelfs als men enkelzijdig werkt. De problemen stapelen zich op als men dubbelzijdig wil werken.

**Print ontwerpen**
Het zal duidelijk zijn dat ontwerpen op schaal 1:1 niet aan de orde is.
SMA-printen moeten steeds op schaal 4:1 getekend of geplakt worden en nadien zeer precies vier maal lineair verkleind worden. Het gemakkelijkst is uiteraard gebruik maken van afstrijksymbolen op schaal 4:1. Hoewel deze bestaan worden zij tot op heden nog niet aangeboden door de bekende doe-het-zelf kanalen.

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**

Er blijft dus niets anders over dan de print te tekenen. Dat kan heel goed, want het kleinste soldeereilandje is 1,3 bij 1,4 $mm^2$ groot, toch nog altijd een fors vierkant van 5,2 bij 5,6 $mm^2$ op 4:1 schaal.
Standaard koperbanen zijn bij SMA 0,3 mm dik, zodat deze banen op 4:1 schaal 1,2 mm breed worden. Deze kunnen dus zonder problemen geplakt worden met de bekende flexibele zelfklevende tape.

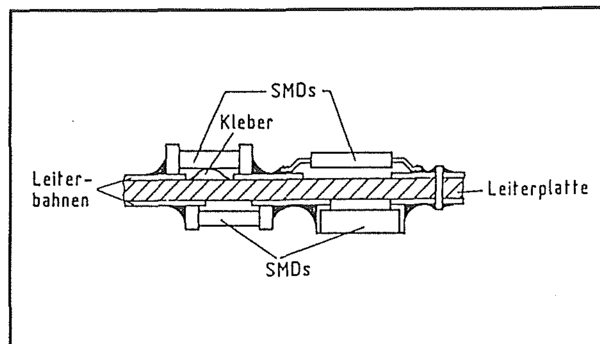
De afmetingen van de soldeereilandjes hangen natuurlijk af van de behuizing waarin het onderdeel zit.

- Ronde en quader behuizingen
  In figuur 3/8.6-58 zijn de printafmetingen samengevat voor alle gestandaardiseerde ronde en rechthoekige behuizingen.

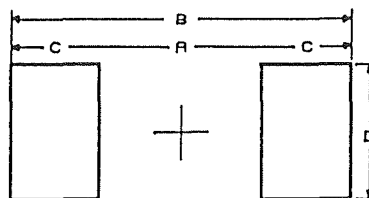
- Halfgeleiders
  De afmetingen van de vier behuizingen waarin halfgeleiders in SMA worden aangeboden zijn samengevat in figuur 3/8.6-59. Let op het kleine "koelplaatje" bij de SOT89 behuizing! Dit mag niet weggelaten worden, want dit kleine extra koperen oppervlak is noodzakelijk voor de koeling van de halfgeleider.

- Geïntegreerde schakelingen
  De basis-afmetingen voor het opnemen van geïntegreerde schakelingen in SO-Small, SO-Large en VSO-40 behuizing op een SMA-print zijn samengevat in figuur 3/8.6-60.

- IC's in PLCC-behuizing
  Hoewel het in de praktijk nauwelijks te verwachten is dat een doe-het-zelver PLCC-schakelingen te verwerken krijgt, worden de printafmetingen voor deze onderdelen voor de volledigheid van dit overzicht samengevat in figuur 3/8.6-61.



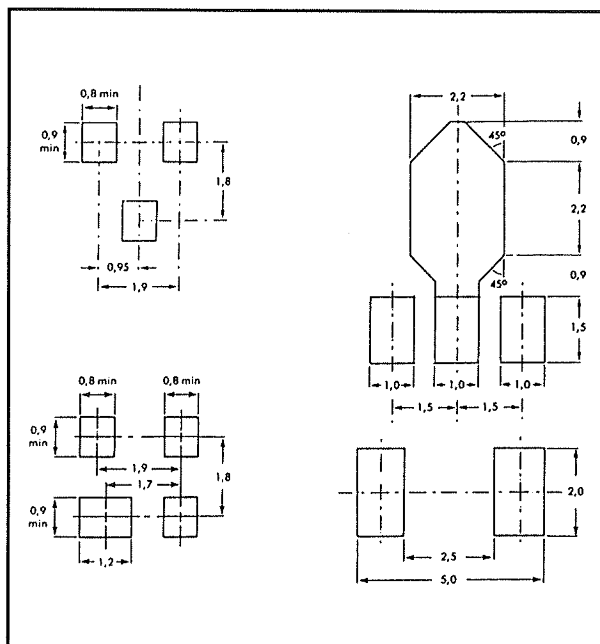

**Figuur 3/8.6-57:** SMA-printen kunnen in principe dubbelzijdig ontworpen worden, waardoor een enorme dichtheid ontstaat!



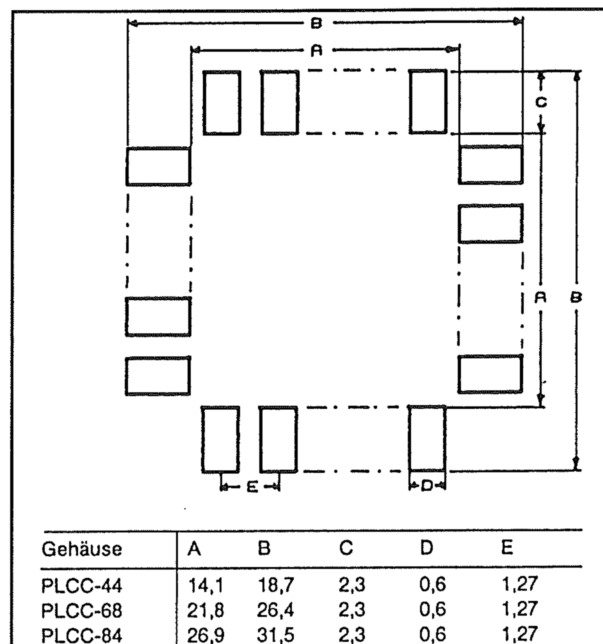

| Bauform | SMD-Abm. | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|---|
| 0805 | 2,0 x 1,25 | 0,8 | 3,4 | 1,3 | 1,4 |
| 1206 | 3,2 x 1,6 | 1,8 | 4,6 | 1,4 | 1,7 |
| 1210 | 3,2 x 2,5 | 1,8 | 4,6 | 1,4 | 2,6 |
| 1808 | 4,5 x 2,0 | 2,8 | 6,2 | 1,7 | 2,1 |
| 1812 | 4,5 x 3,2 | 2,8 | 6,2 | 1,7 | 3,3 |
| 2220 | 5,7 x 5,0 | 4,0 | 7,4 | 1,7 | 5,1 |
| Mini MELF | 3,5 x 1,6 | 2,2 | 5,8 | 1,8 | 1,7 |
| MELF | 5,0 x 2,4 | 2,8 | 7,2 | 2,2 | 2,5 |
| Mikro MELF | 2,0 x 1,27 | 1,1 | 2,1 | 2,0 | 0,9 |
| SOD-80 | | | | | |

**Figuur 3/8.6-58:** Printafmetingen voor de gestandaardiseerde ronde en vierkante behuizingen.

## 8.6 SMA, Surface Mounted Assembly

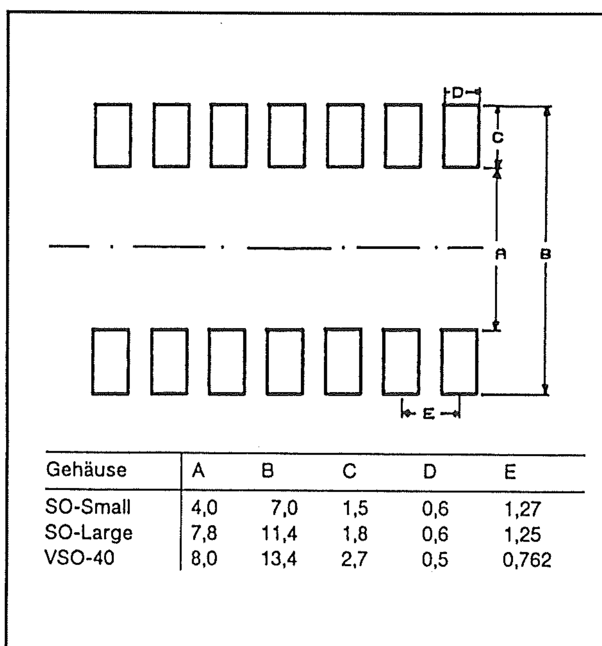



**Figuur 3/8.6-59:** Afmetingen van de koperen eilandjes op de SMA-print voor halfgeleiders.




| Gehäuse | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| PLCC-44 | 14,1 | 18,7 | 2,3 | 0,6 | 1,27 |
| PLCC-68 | 21,8 | 26,4 | 2,3 | 0,6 | 1,27 |
| PLCC-84 | 26,9 | 31,5 | 2,3 | 0,6 | 1,27 |

**Figuur 3/8.6-61:** Printafmetingen voor ingewikkelde IC's in PLCC-behuizing.



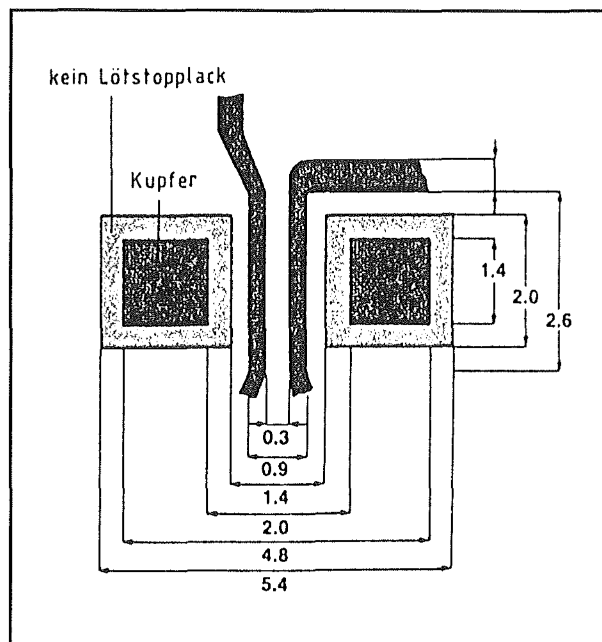

| Gehäuse | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| SO-Small | 4,0 | 7,0 | 1,5 | 0,6 | 1,27 |
| SO-Large | 7,8 | 11,4 | 1,8 | 0,6 | 1,25 |
| VSO-40 | 8,0 | 13,4 | 2,7 | 0,5 | 0,762 |

**Figuur 3/8.6-60:** Printafmetingen voor geïntegreerde schakelingen in SO- en VSO-behuizing.

Het grootste probleem bij het ontwerpen van een SMA-print is uiteraard de beperkte ruimte die men heeft om printsporen tussen de aansluitingen van een onderdeel door te voeren. Soldeerbruggen zijn niet mogelijk, dus men zal zoveel mogelijk moeten proberen verbindingen rond de onderdelen te leiden. In professionele printen worden toch maximaal twee banen tussen de aansluitingen van bijvoorbeeld een 1206 onderdeel gevoerd. De iets gewijzigde afmetingen van de soldeereilanden, de breedte van de printbanen en de onderlinge afstanden zijn samengevat in figuur 3/8.6-62.

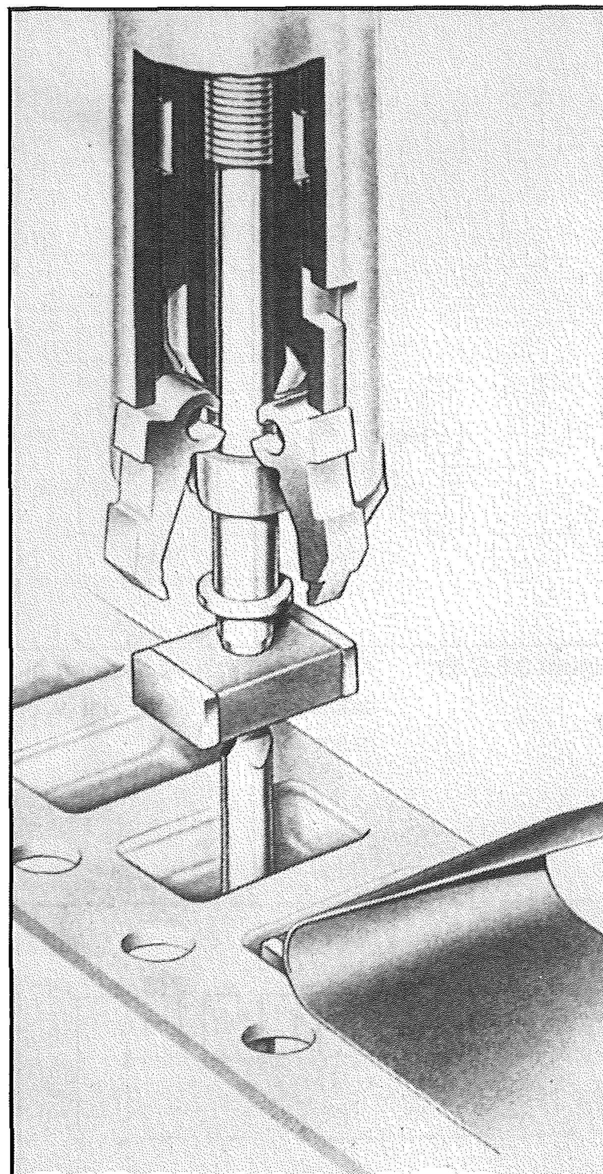
Hoewel zo'n constructie op schaal 4:1 zonder problemen getekend kan worden, moet men zich toch de vraag stellen of de doe-het-zelver in staat is printen met dergelijke dunne sporen en minimale afstanden goed te etsen!

## 8.6 SMA, Surface Mounted Assembly




**Figuur 3/8.6-62:** Er kunnen maximaal twee printsporen tussen de soldeereilanden van een onderdeel in 1206 behuizing worden gevoerd.

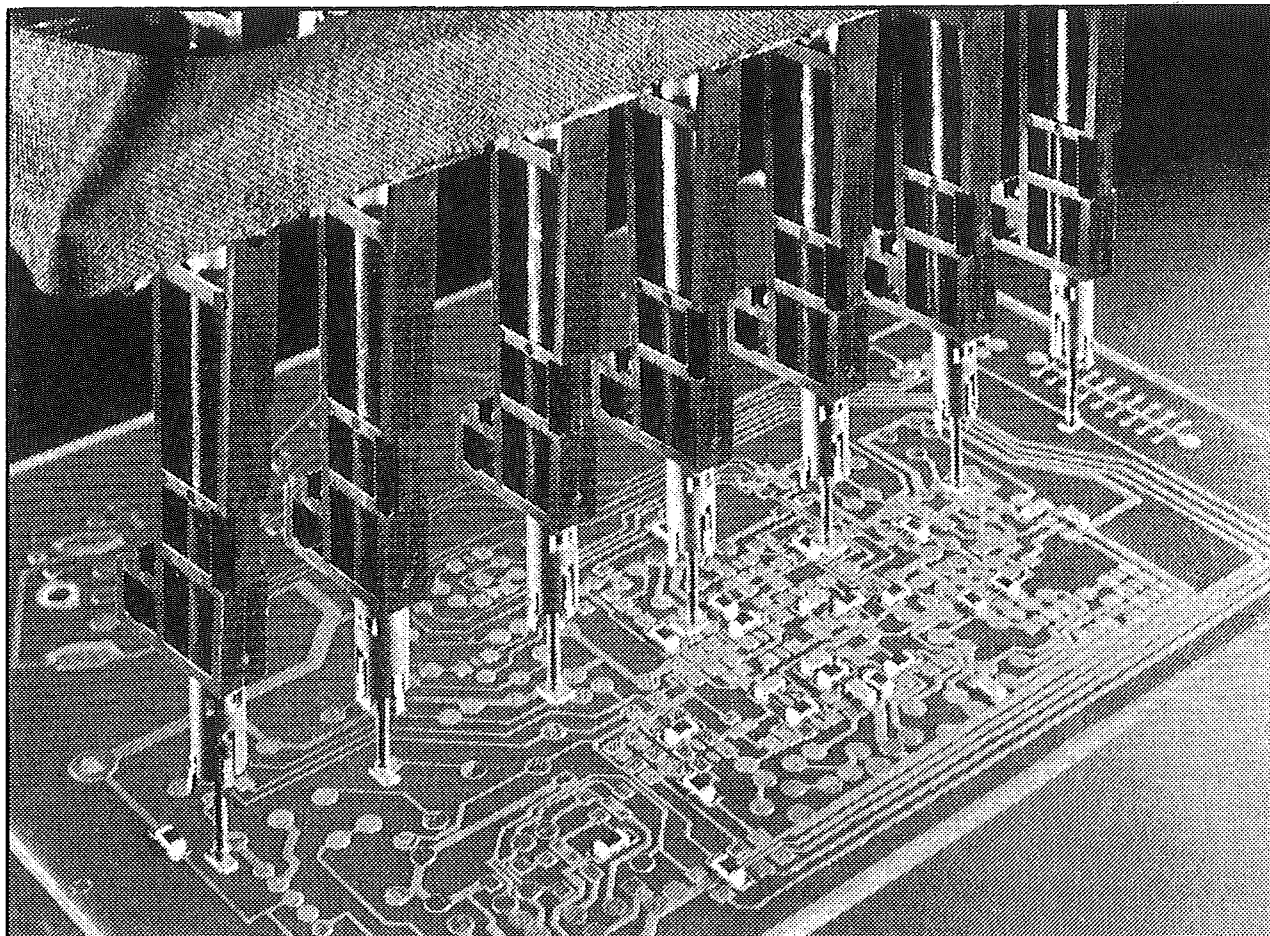
Nadat het printontwerp met oostindische inkt getekend is, moet dit meesterwerk verkleind worden tot 25 %. Hoewel er tegenwoordig in tal van postkantoren, supermarkten en rookwarenwinkels zeer goede kopieermachines staan, waarmee men in een keer tot 50 % kan verkleinen, is het toch niet aan te raden van dergelijke machines gebruik te maken.
Op de eerste plaats moet men dus in twee stappen verkleinen, waardoor de kwaliteit van de uiteindelijke kopie niet zo denderend is. Op de tweede plaats is het maar helemaal de vraag of 50 % werkelijk 50 % is! Belangrijkste nadeel is echter dat deze machines op normaal papier kopiëren en de bekende truukjes om een niet-transparant origineel toch transparant te maken voor het belichten van de print op dergelijke kleine schaal niet meer bruikbaar zijn.



**Figuur 3/8.6-63:** Bij de industriële verwerking van SMD's worden de onderdelen door zuigpipetjes uit de rol gelicht.

Het enige bruikbare alternatief is met de tekening onder de arm naar een kleinoffsetdrukker te gaan en aldaar de tekening onder de reproductie-camera op 25 % te laten opnemen op **film**.

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**



**Figuur 3/8.6-64:** Een bestukkingsautomaat, waarmee duizenden SMD's per uur gemonteerd kunnen worden.

Dat kost weliswaar enige tientjes, maar het resultaat is een uitstekend bruikbare volledig transparante film, waarmee men de fotogevoelige print kan belichten.

**Tweede (nu SMD) proto-type bouwen**
Nadat de print geëtst is kan men de definitieve uitvoering van de schakeling opbouwen.
Natuurlijk moet men dan wel weten hoe men de minuscule SMA-onderdeeltjes kan behandelen en solderen.
Daar gaat de laatste paragraaf van dit artikel over.

# Verwerken en solderen van SMA-onderdelen

**Zo doet men het in de industrie ....**
In de industrie worden SMA-schakelingen volledig automatisch geassembleerd. In deze bestukkingsautomaten worden de rollen of stangen met SMD-onderdelen aangevoerd.

De SMD's worden, zie figuur 3/8.6-63, door een uiterst kleine stempel uit de rol

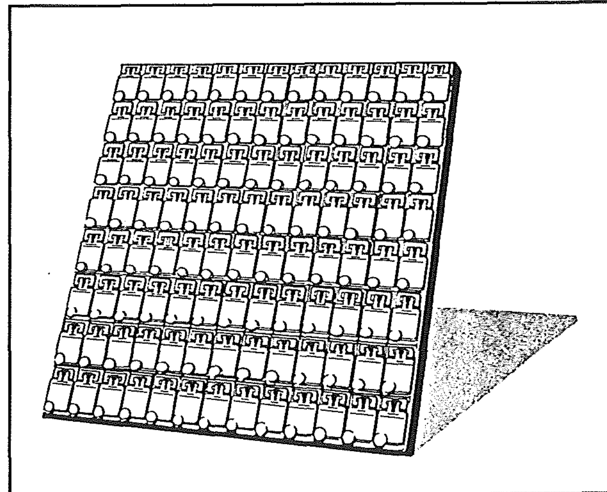
**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**

gedrukt en nadien door een al even klein pipetje opgezogen.
Nadien worden deze pipetjes naar de print gevoerd.
Deze print is ondertussen door middel van een zeefdrukcyclus voorzien van kleefstof of soldeerpasta. De pipetjes worden computergestuurd naar de juiste positie geleid en drukken de SMD's vast in de lijm of de soldeerpasta. In figuur 3/8.6-64 is een deel van zo'n bestukkingsautomaat voorgesteld.

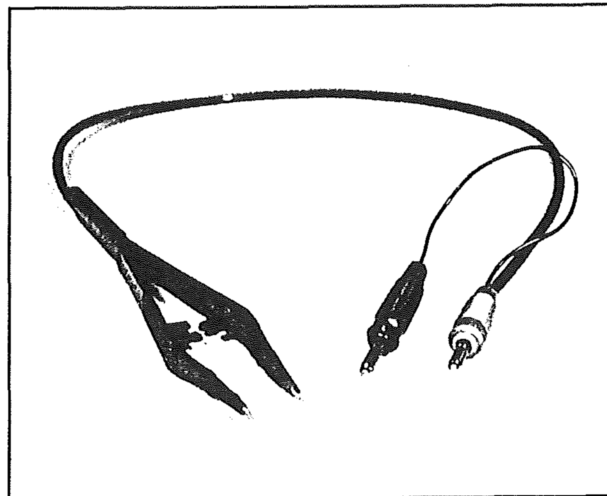
### SMD's in de doe-het-zelf praktijk

Wie zeer nauwkeurig en netjes kan werken, kan zonder problemen printen met SMD's bestukken. Tegenwoordig leveren diverse postorderbedrijven redelijk geprijsde hulpmiddelen die betaalbaar zijn voor de hobbyïst. Bij de term "redelijk geprijsd" moet men toch rekening houden met een totale minimale investering van een *f* 600,00!
Wat men in ieder geval moet aanschaffen zijn:

- speciale opbergdoosjes voor de onderdelen;
- speciaal meetpincet voor het meten van de waarde van de ongecodeerde condensatoren;
- speciale soldeerbout met uiterst fijne punt en temperatuurregeling;
- speciaal SMD-soldeertin met aangepaste legering en diameter van 0,25 à 0,5 mm;
- een goed vergrootglas met ingebouwde verlichting;
- enige speciale pincetten met naaldvormige punten. Hoewel algemeen wordt gesteld dat SMD's met zuigpipetten moeten worden opgezogen en op de print geplaatst, kan men het in de praktijk net zo goed doen met deze speciale pincetten.



**Figuur 3/8.6-65:** Micro-containers van het fabrikaat MIRA voor het opbergen van SMD's.

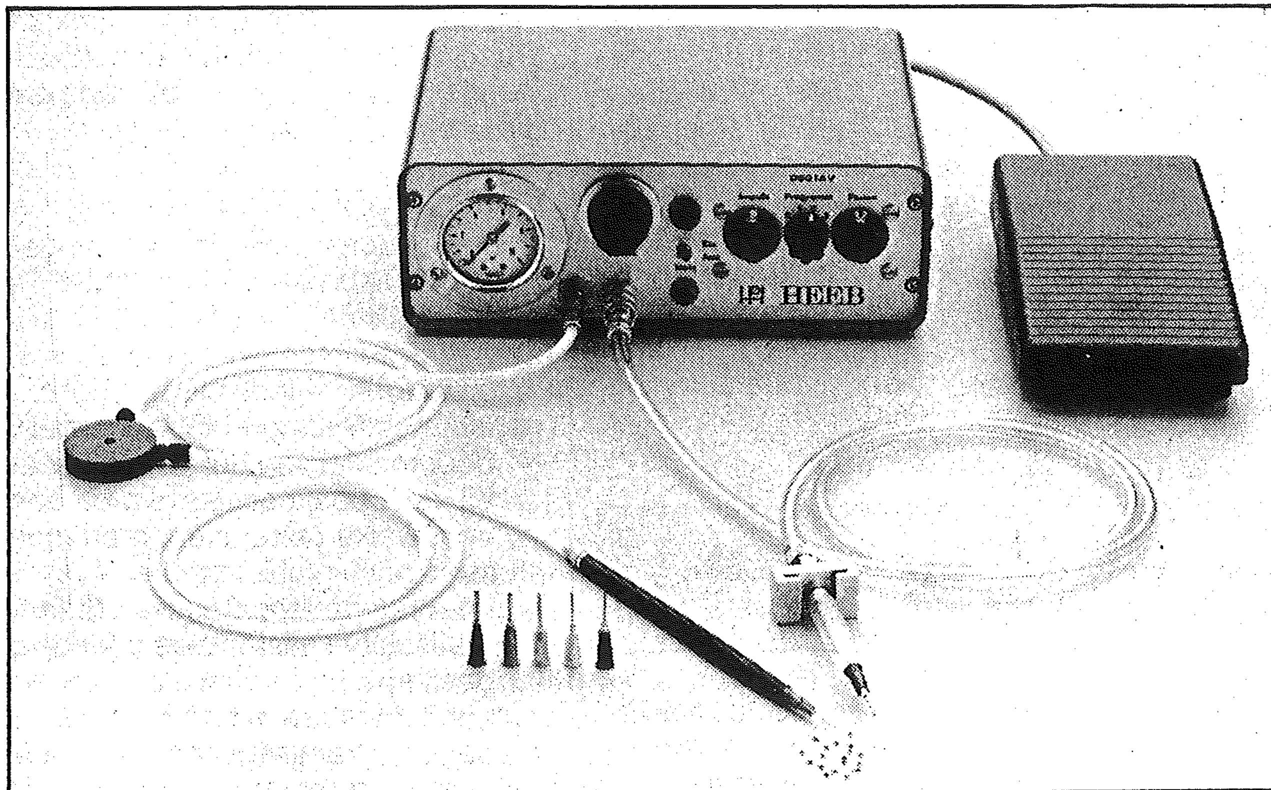


**Figuur 3/8.6-66:** Een speciaal meetpincet voor het opmeten van de waarde van ongecodeerde SMD's.

### Opbergdoosjes

De normale opbergmiddelen voor elektronische componenten zijn allemaal veel te groot voor SMD's.
Door de duitse fabrikant MIRA GmbH worden zogenaamde "Micro-Containers" op de markt gebracht (figuur 3/8.6-65).

**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**



**Figuur 3/8.6-67:** Een gecombineerd station voor het opzuigen, plaatsen en solderen van SMD's.

Deze kunststof doosjes meten 28 bij 16 bij 20 mm$^3$, kunnen onderling gekoppeld worden en worden afgesloten met een verend dekseltje.
De dekseltjes kunnen met een vingernagel opengeklikt worden. Deze containertjes worden geleverd in wit voor passieve componenten en antistatisch zwart voor onderdelen die gevoelig zijn voor statische ladingen.
In één doosje kunnen 250 onderdelen in 1206 behuizing opgeborgen worden. Op zich zijn deze doosjes met een stukprijs van *f* 2,50 niet duur. Maar uiteraard heeft men er al snel een honderttal nodig!

**Speciale meetpincetten**

Zoals bekend worden vele SMA-componenten zonder codering geleverd. Het is absoluut noodzakelijk ceramische condensatoren voor de montage op te meten! Dat is alleen mogelijk met een digitale capaciteitsmeter en een speciaal meetpincet. In figuur 3/8.6-66 is zo'n meetpincet getekend. De bekken zijn geïsoleerd en voorzien van een afgeschermde meetkabel met banaanstekers. Alvorens men met dit instrument de waarde van een condensator opmeet is het noodzakelijk de eigen capaciteit van de probe te compenseren. Met sluit het pincet op de meter aan en verdraait de nulregeling, tot de meter precies "000" aanwijst.

**Soldeerbouten**

Soldeerbouten voor SMA-montage zijn leverbaar in prijsklassen van *f* 150,00 tot meer dan *f* 1000,00. Vaak worden soldeerbouten gecombineerd met zuigpipetten. In figuur 3/8.6-67 wordt zo'n gecombineerd station voorgesteld.

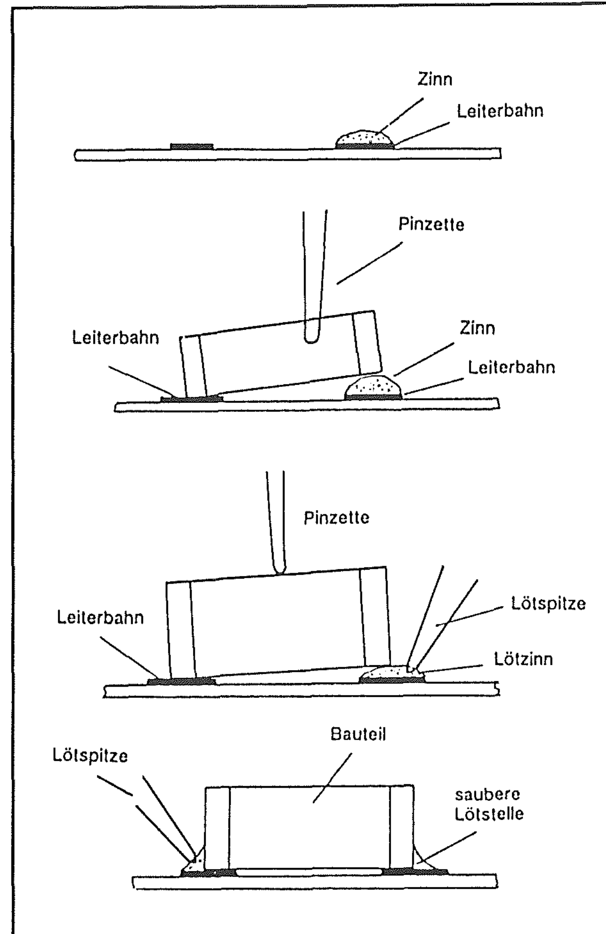
**8.6 SMA, Surface Mounted Assembly**

De doe-het-zelver kan uiteraard met de meest eenvoudige apparaten, in feite niets meer dan 6 V soldeerboutjes met een hele spitse punt, al goed uit de voeten. Een heel bruikbaar boutje wordt bijvoorbeeld door ERSA geleverd onder code "MINOR".
Dat is een 6 V, 5 W soldeerboutje zonder temperatuurregeling. Niet geschikt voor lopende band werk, maar wel voor het solderen van een enkel printje.

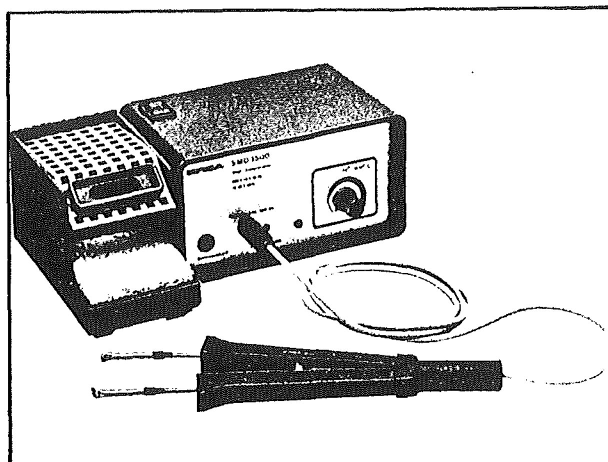
**Solderen van SMD's**
In figuur 3/8.6-68 is de voor doe-het-zelvers enige bruikbare soldeertechniek stap na stap geschetst. Hierbij wordt er van uit gegaan dat er niet met lijm of soldeerpasta wordt gewerkt.

- Stap 1:
  Een van de soldeervlakken waarop het SMD moet worden gesoldeerd wordt vertind. Een zeer dunne laag is meer dan voldoende!
- Stap 2:
  Het onderdeel wordt met de pincet op de plaats gefixeerd zodat het contactvlak precies op het vertinde vlak valt.
- Stap 3:
  Met de stift van de soldeerbout wordt het vertinde vlak verhit, zodat het soldeer smelt en de verbinding tussen onderdeel en print tot stand komt.
- Stap 4:
  Nu het onderdeel vast zit kan men de tweede soldeerverbinding zonder problemen maken.

**Nuttige hulpapparatuur**
Wie vaak met SMA-techniek wil gaan werken zal wat meer in de SMA-werkplek willen investeren.
Een goede investering is bijvoorbeeld het in figuur 3/8.6-69 voorgesteld desoldeerstation.

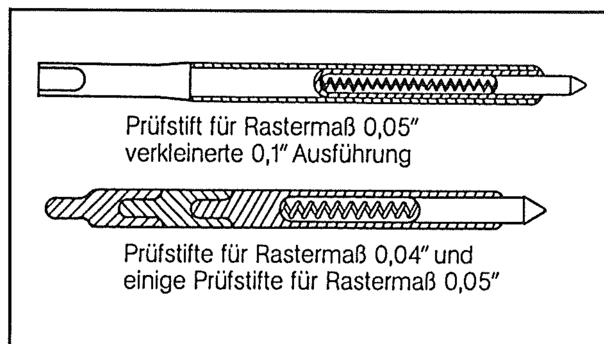



**Figuur 3/8.6-68:** Het solderen van SMD onderdelen met de hand.



**Figuur 3/8.6-69:** Een desoldeerstation voor SMA-printen.

## 8.6 SMA, Surface Mounted Assembly




**Figuur 3/8.6-70:** Speciale verende scherpe meetstiften voor het meten in gemonteerde SMA-printen.

Dit apparaat is voorzien van een pincet met ingebouwde verwarming. De twee bekken worden op de twee contactvlakken van een SMD gehouden en nadat het tin gesmolten is kan men het onderdeel met dezelfde pincet lostrekken.

Na de montage van een SMA-print zal men de schakeling moeten testen. In figuur 3/8.6-70 worden twee speciale SMA-meetstiften voorgesteld.
Deze zijn voorzien van ingebouwde veertjes, die de scherpe punt van de stift in het soldeer prikken. Zelfs met deze speciale stiften is het meten op de onderdelen in SMA-printen niet zo gemakkelijk! Vaak neemt men bij het ontwerpen van de print speciale kopervlakjes op op punten waar gegarandeerd gemeten moet worden.

## 8.6 SMA, Surface Mounted Assembly

# 3/8.7

# Het maken van dubbelzijdige doorgemetalliseerde printen

## Goedkoop alternatief

**Inleiding**

Met het maken van enkelzijdige printen zal de moderne doe-het-zelver wel niet veel problemen hebben. Iedereen beschikt tegenwoordig wel over een eenvoudige ultraviolette belichtingskast en goedkope etsbak, het positief fotogevoelige basismateriaal is overal te koop en van uitstekende kwaliteit, het ontwikkelen en etsen van dit materiaal gaat prima. Anders wordt het echter als een bepaalde ingewikkelde schakeling alleen opgebouwd kan worden op een dubbelzijdige, doorgemetalliseerde printplaat. Helaas komt het tegenwoordig, dank zij de moderne elektronica met haar vele hoog geïntegreerde schakelingen, heel vaak voor dat men hiermee geconfronteerd wordt. En ook in deel 4 van dit naslagwerk komen af en toe nabouwschakelingen voor die alleen op een dubbelzijdige print gerealiseerd kunnen worden. Hoe te handelen? Tot voor kort was hier in feite geen oplossing voor, omdat de beschikbare apparatuur peperduur was. Sinds kort brengt echter de Duitse firma Isel Automation, gespecialiseerd in belichting- en etsapparatuur, een goedkope set op de markt, waarmee men op een heel eenvoudige manier dubbelzijdige en doorgemetalliseerde prototypes van printen kan maken. Met een prijs van DM 1.198,- wordt een concurentieloos aanbod gedaan, dat zeker voor de ervaren doe-het-zelver aantrekkelijk is.

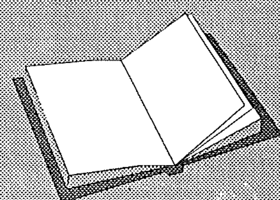
**De "Isel Durchkontaktierung Set"**

De volledige set bestaat uit drie glazen baden en een eenvoudige voeding, zie figuur 3/8.7-1. Voor het genoemd bedrag krijgt men:

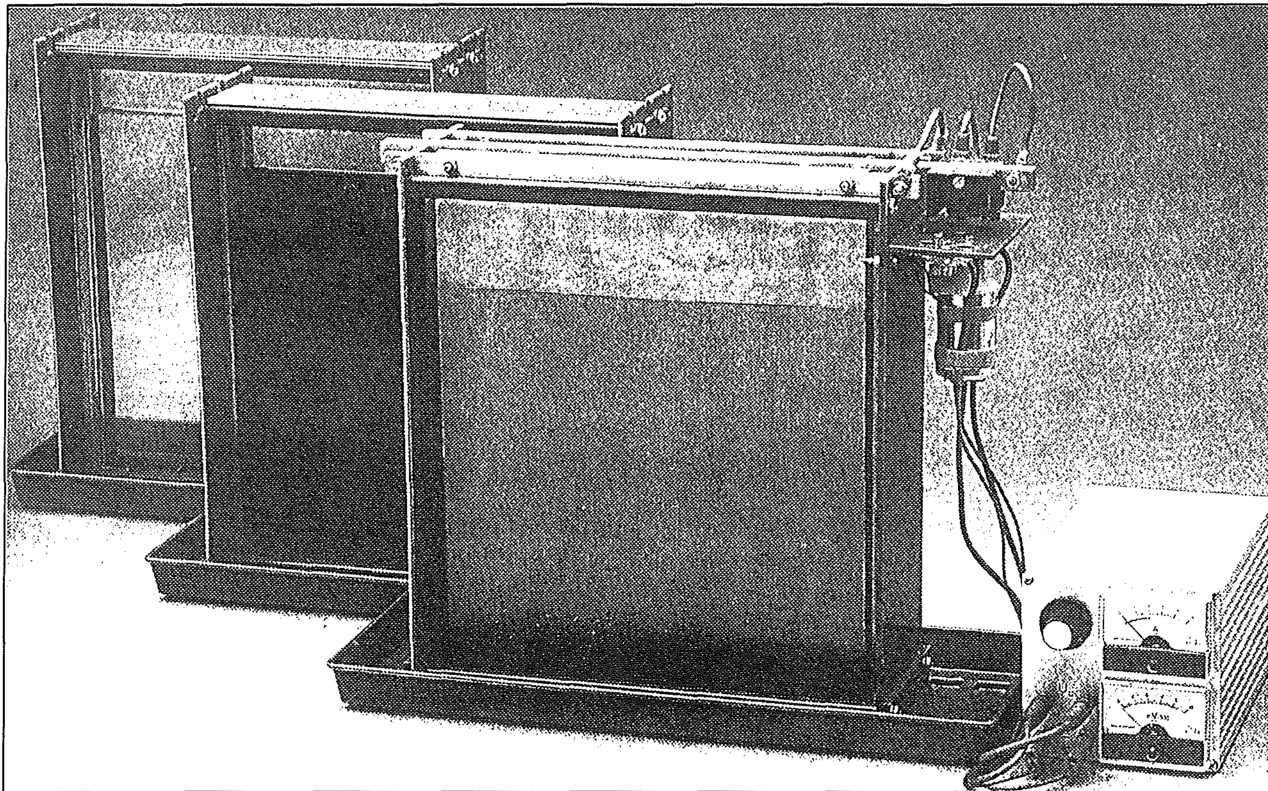
- een reinigingsbad met printhouder;
- een activeringsbad met printhouder;
- een galvaniseringsbad met oscillerende printhouder;
- twee vel speciale beschermfolie;
- een rubber rolletje om deze folie op de print aan te brengen;
- een voeding voor het galvaniseren;
- twee speciale dubbelzijdig fotogevoelige printen.
- alle voor het proces noodzakelijke chemicaliën.

**LEES OOK:**

Hoofdstuk 3/8.3
Hoofdstuk 3/8.5



**8.7 Het maken van dubbelzijdige doorgemetalliseerde printen**



**Figuur 3/8.7-1:** De volledige doormetalliserings-set van Isel.

Daarnaast heeft men natuurlijk ook de standaard attributen nodig voor het belichten en etsen van printen, zoals een belichtingskast, een printboormachine en een etsbak.
Met deze set kan men, na enige oefening, een dubbelzijdige en doorgemetalliseerde print in ongeveer anderhalf uur maken.

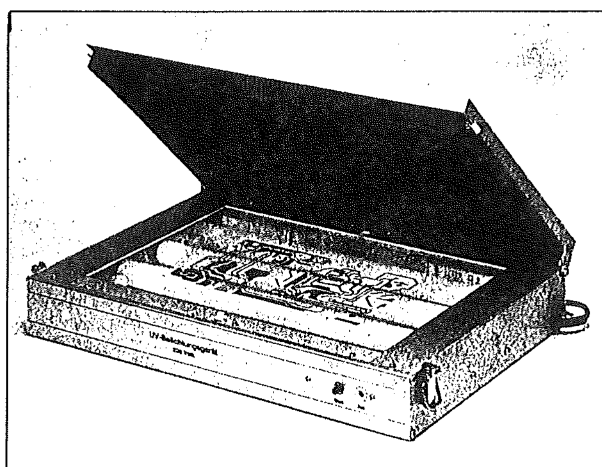
### Negatief gevoelig

Enig nadeel van het systeem is dat de speciale dubbelzijdig fotogevoelige print negatief werkt. Dat wil zeggen dat alles dat transparant is op het ontwerpje, uiteindelijk op de print koper wordt. Wie printen ontwerpt met een speciaal programma, zal meestal wel een optie vinden om het ontwerp diapositief af te drukken. Wie echter nog met de hand tekent of plakt, zal dus een methode moeten verzinnen om het ontwerp om te zetten in een negatieve film. Dat is niet zo moeilijk want daarvoor is speciale zogenoemde “omkeerfilm” in de handel. Seno levert bijvoorbeeld het type OKF-250, dat in vellen van 25 bij 30 $cm^2$ leverbaar is voor rond de twintig gulden. De bijhorende ontwikkelaar kost ongeveer vijf gulden. Deze film kan, net zoals fotogevoelige print, belicht worden in de standaard UV-belichtingskast.

### Het principe

Het principe van het proces kan als volgt kort worden samengevat. De speciale print heeft een koperlaag van slechts 5 μm dik. Dit is zeer dun, want een normale print is voorzien van een koperlaag van 35 μm, dus zeven maal zo dik. Het fotogevoelig basismateriaal wordt dubbelzijdig belicht met de twee negatieve films,

ontwikkeld en geboord. Dat gaat allemaal op dezelfde manier als bij een gewone print. Nadien wordt de print gereinigd en geactiveerd. Tot slot wordt zij in het koperbad gehangen, waarbij de twee koperzijden en de wanden van de gaatjes galvanisch van een laagje koper van 35 µm worden voorzien. Daar waar kopersporen op de print moeten komen is geen fotolak aanwezig en ligt dus een laagje van 5 + 35 is gelijk aan 40 µm koper op de print. Daar waar de fotolak aanwezig is, kan er geen koper afgezet worden en ligt er slechts een laagje van 5 µm dik koper op de print.
Tot slot wordt de fotolaag volledig weggespoeld. Wat nu overblijft is een print, die volledig verkoperd is. Nu wordt de print op de normale manier geëtst en wel zo lang tot het chemisch proces 5 µm koper heeft weggeëtst. De koperlaag op de printbanen en in de gaatjes is dan weer gelijk aan 35 µm, de standaard dikte van de koperlaag op een print. Daar waar de koperlaag slechts 5 µm dik was, is al het koper verdwenen en ziet men de typisch groene kleur van het epoxy tevoorschijn komen.



**Figuur 3/8.7-2:** Het omkeren van het ontwerp via de UV belichtingskast.

# Het werkprocédé, stap na stap

**Gedetailleerde beschrijving**
Isel heeft met dit simpele procédé een doorbraak bereikt in het op een eenvoudige en goedkope manier produceren van dubbelzijdige en doorgemetalliseerde printplaten. Toch valt er over de werkwijze het een en ander te schrijven. In de volgende paragraafjes zal het gehele procédé stap voor stap iets uitvoeriger worden beschreven.

**Stap 1:**
**het maken van de negatief film**
De Seno omkeerfilm is, zoals reeds beschreven, UV-gevoelig. Toch mag men deze film alleen bij gedempt licht uit de verpakking halen en verwerken. Nadat de film op maat gesneden is (aan één zijde moet men een marge van 30 mm aanhouden) wordt hij samen met het originele positieve ontwerp op de glasplaat van de belichtingsbak gelegd (figuur 3/8.7-2). Om randonscherpte te voorkomen moet de gevoelige zijde van de film in contact staan met de ontwerpzijde van het origineel. Wat de gevoelige zijde is kan gemakkelijk vastgesteld worden door aan de rand van de film even met een mesje beide zijden te bekrassen.
Nadat de belichtingskast gesloten is, kan men de film belichten. Bij de eveneens door Isel geleverde UV-bakken met vier UV-buizen kan een belichtingstijd van 10 s volstaan. Heeft men zélf een belichtingskast in elkaar getimmerd, dan zal men de exacte belichtingstijd experimenteel met enige proefstrookjes moeten bepalen. Na het belichten kan men de omkeerfilm ontwikkelen in de speciale goed

in water oplosbare ontwikkelaar. Uiteraard moet men zowel het ontwerp van de soldeerzijde als van de componentenzijde op deze manier op negatief film zetten.

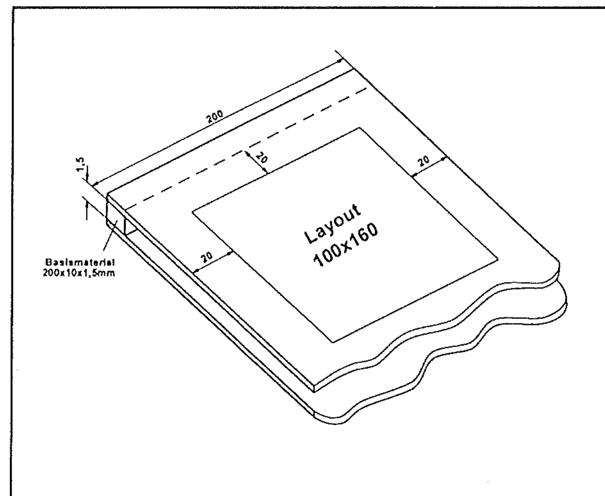
**Stap 2:**
**het belichten van de print**

De meeste doe-het-zelvers zullen geen dubbelzijdige belichtingskast hebben. Het gevolg is dat men de print in twee fasen moet belichten, namelijk eerst de soldeerzijde en nadien de componentenzijde. Natuurlijk moet men er hierbij voor zorgen dat beide belichtingen zeer precies geregisterd zijn, zodat de koperen eilandjes aan weerszijden van de print precies op dezelfde plaats staan. Dat is natuurlijk niet zo gemakkelijk en vandaar dat men onderstaand hulpmiddeltje moet gebruiken.

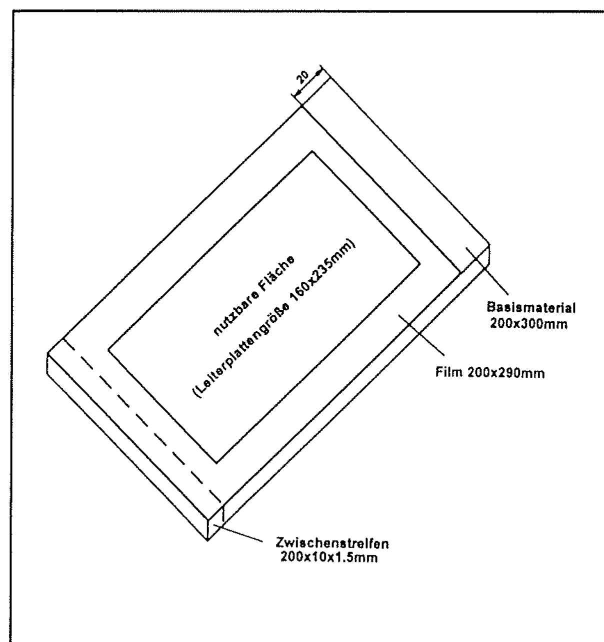
Van een stuk print met een dikte van 1,5 mm zaagt men een strookje af met als afmetingen 200 bij 10 mm. Op dit strookje kleeft men met dubbelzijdige plakband beide negatieffilms vast en wel zo dat zij precies geregisterd zijn. Een en ander is voorgesteld in figuur 3/8.7-3. Op deze manier ontstaat een soort van belichtings-"envelop", waarin men de dubbelzijdige print kan leggen.

Vervolgens kan men van het speciale basismateriaal, met een koperlaag van slechts 5 µm, een stuk zagen dat aangepast is aan de grootte van de print. Men moet dit stuk echter zo lang maken, dat het ongeveer 10 mm uit de belichtings-"envelop" uitsteekt (figuur 3/8.7-4). Deze rand zal later de contactrand van de print vormen bij het verkoperingsproces. Natuurlijk moet de print met plakband zo stevig in de belichtings-"envelop" bevestigd worden, dat deze absoluut niet kan verschuiven.

Nadien kan men de print op de gebruikelijke manier belichten, zij het dat na het belichten van de eerste zijde het geheel voorzichtig omgekeerd moet worden en de tweede zijde belicht wordt.




**Figuur 3/8.7-3:** Het maken van een dubbelzijdige belichtings-"envelop".




**Figuur 3/8.7-4:** Het belichten van het speciale basismateriaal in de belichtings-"envelop".

## 8.7 Het maken van dubbelzijdige doorgemetalliseerde printen

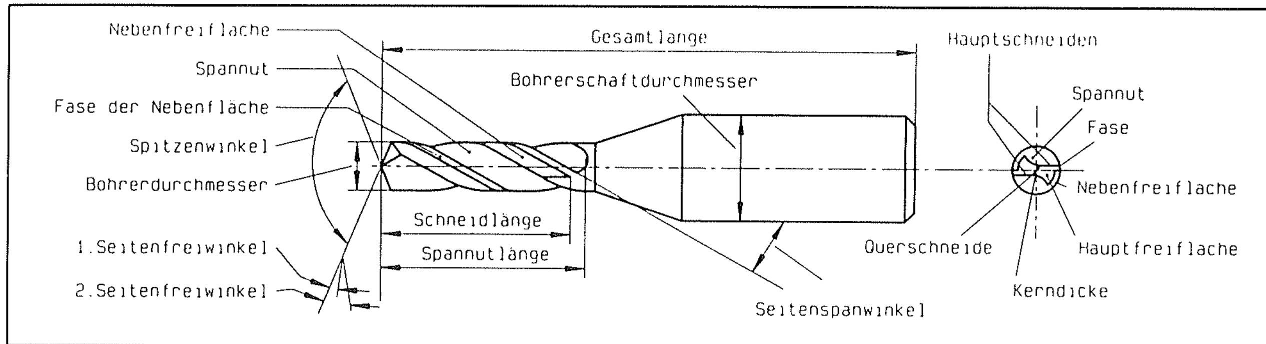
**Stap 3:**
**de print ontwikkelen**
De print kan nu, alweer op de gebruikelijke manier, ontwikkeld worden, zodat het beeld op de beide zijden van de print zichtbaar wordt.

**Stap 4:**
**de print reinigen**
Nadien moet de print heel even geëtst worden, om alle verontreinigingen van het oppervlak te verwijderen. Men kan hiervoor het best natriumpersulfaat gebruiken in een concentratie van 250 gr vaste stof per liter water. Het bad moet een temperatuur hebben van ongeveer 45 °C en de etstijd bedraagt slechts 15 s. Natuurlijk kan men ook etsen met ammoniumpersulfaat of het aloude ijzer3chloride. De etstijd moet dan wel aangepast worden, hetgeen helaas alleen maar experimenteel bepaald kan worden. Let er op dat het in deze fase absoluut niet de bedoeling is dat al het vrije koper wordt weggeëtst! Denk er bovendien aan dat de speciale print maar een uiterst dun koperlaagje heeft, dat binnen de kortste keren volledig verdwenen is!
Bij het etsen moet men er erg goed op letten dat er geen beschadigingen ontstaan in de op de printplaat nog steeds aanwezige fotolagen. Deze zijn zeer kwetsbaar en ieder krasje veroorzaakt later een kortsluiting tussen kopersporen. Dus geen onderbreking, zoal bij het positiefprocédé, maar een ***kortsluiting***! Na het schoon etsen van de print moet deze onmiddellijk overvloedig gespoeld worden met water en gedroogd. Hiervoor kan men het beste het papier van een keukenrol gebruiken, omdat dit papier heel zacht is en de kans op krassen minimaal is. Nog beter is echter een haarföhn of olievrije perslucht.

**Stap 5:**
**de print beschermen**
In deze stap moeten beide zijden van de print beschermd worden door het aanbrengen van de speciale folie, die bij de set geleverd wordt. Men moet er goed op letten dat de zelfklevende folie zonder vouwen of luchtbellen wordt aangebracht, waarbij de geleverde roller goede diensten kan bewijzen.
Door het aanbrengen van deze folie wordt de fotolaag beschermd tegen de mechanische behandelingen, die in de volgende stappen moeten plaats vinden.

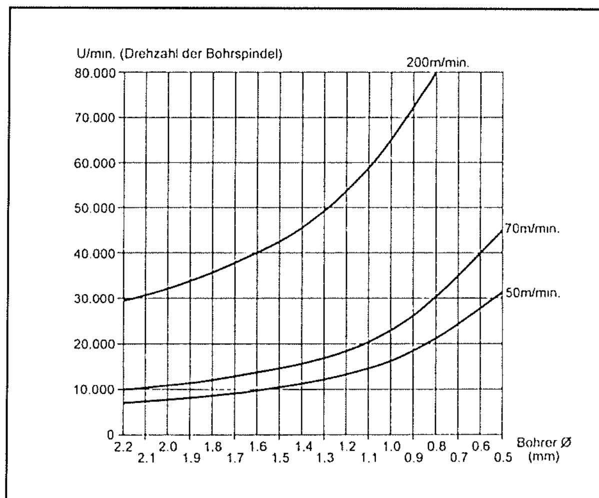
**Stap 6:**
**het boren van de print**
Vervolgens kan de print geboord worden. In tegenstelling tot deze handeling bij een normale print is deze stap van levensbelang voor de kwaliteit de print! Vergeet niet dat de gaatjes doorgemetalliseerd moeten worden en dat dit alleen goed gaat als de geboorde gaatjes een maximale kwaliteit hebben.
Dat betekent dat alleen geboord mag worden met haarscherpe boortjes die een mooie, egale boorgat-wand achterlaten. Gewone spiraalboortjes zijn dan ook verboden! Die worden vrij snel bot en hakken dan eerder een gat dan dat zij het snijden. Ten stelligste wordt aangeraden de peperdure uit hardmetaal vervaardigde speciale printboortjes toe te passen. Deze boortjes, die ongeveer *f* 10,00 per stuk kosten, zien er uit zoals voorgesteld in figuur 3/8.7-5 en zijn courant leverbaar in diameters van 0,6 mm, 0,8 mm, 1,0 mm en 1,3 mm.
Groot nadeel van deze boortjes is dat zij extreem kwetsbaar zijn en bij de minste of geringste zijwaartse druk de geest geven. Zeer voorzichtig en met vaste hand boren, dus!

**8.7 Het maken van dubbelzijdige doorgemetalliseerde printen**




**Figuur 3/8.7-5:** De speciale hardmetalen printboortjes, die gebruikt moeten worden.

Bij het boren van de gaatjes is ook de optimale boorsnelheid van belang. Hiervoor bestaat een speciale grafiek, voorgesteld in figuur 3/8.7-6. Hieruit blijkt dat men in ieder geval met meer dan 10.000 toeren per minuut moet boren.

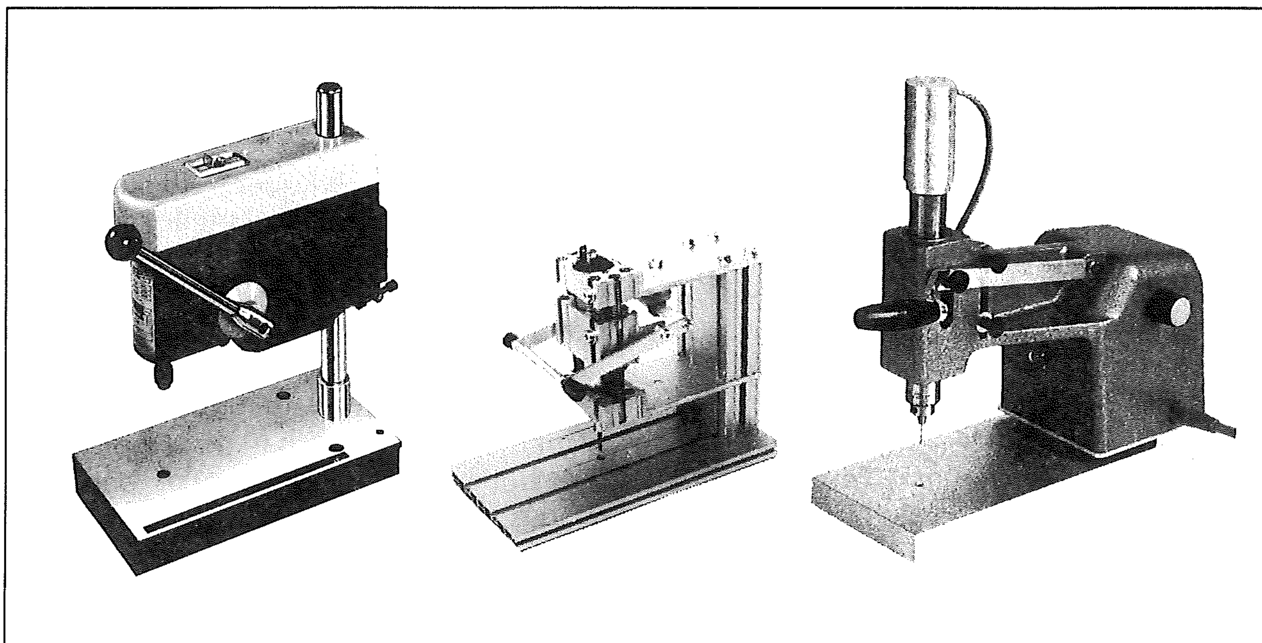



**Figuur 3/8.7-6:** Uit deze grafiek volgt het optimale toerental voor verschillende boordiameters.

Uiteraard kan niet uit de hand geboord worden, maar moet een printboormachientje gebruikt worden. Hiervan zijn diverse uitvoeringen in de handel, die in prijs variëren tussen *f* 350,00 en meerdere duizenden gulden. In figuur 3/8.7-7 zijn drie van de goedkoopste modellen afgebeeld. Het linker is de bekende Minimot van Proxxon. Dit apparaatje kost ongeveer *f* 350,00, maar heeft als nadeel een maximaal toerental van slechts 6.000 omwentelingen per minuut, in feite dus iets te traag. Het voordeel van de Minimot is dat het apparaat op de 230 V netspanning werkt. Het middelste model wordt geleverd door Isel voor een prijs van ongeveer *f* 500,00. Deze boormachine heeft een maximaal toerental van 20.000 omwentelingen per minuut, maar moet gevoed worden uit een gelijkspanning van maximaal 24 V bij 2 A. Het rechtse model is een semi-professionele printboormachine, waar dan ook een prijskaartje van bijna tweeduizend gulden aan hangt. Dit model, de KB-2V, wordt geleverd door het Elektronica Distributie Centrum (onder andere Display), werkt op het net en heeft een maximale omwentelingssnelheid van 18.000 toeren per minuut. Uit praktijkervaringen blijkt echter dat de Minimot uitstekend geschikt is voor de werkzaamheden die hier vereist worden.

Bij het boren wordt uiteraard door beide beschermfolies heen geboord. Hierbij moet er goed op gelet worden dat de beide folies helemaal weggeboord worden. Het is immers de bedoeling dat de vloeistof van het galvanisatiebad goed door de gaatjes kan stromen.

**8.7 Het maken van dubbelzijdige doorgemetalliseerde printen**



**Figuur 3/8.7-7:** Drie printboormachines, van links naar rechts de Minimot, de Isel type 2205 en de KB-2V.

**Stap 7:**
**galvanisering voorbereiden**

De geboorde en van de beschermfolies bevrijde print wordt nu in het reinigingsbad van de Isel-set gehangen. De bedoeling hiervan is dat de reinigingsvloeistof de gaatjes goed schoonmaakt en voorbereid op het ontvangen van de galvaniseervloeistof. De print verblijft ongeveer tien minuten in dit bad, waarbij de print af en toe bewogen wordt om de vloeistof die in de gaatjes is doorgedrongen te verversen. Na het reinigen wordt de print weer onder stromend water gespoeld, zodat alle resten van chemicaliën verwijderd worden. Dat is zeer belangrijk, want zelfs de geringste resten van de reinigingsvloeistof maken het daaropvolgende activeringsbad onwerkzaam!
Na het drogen van de print, waarvoor weer papier of lucht gebruikt kan worden (denk aan het drogen van de gaatjes!), wordt de print opgehangen in het activeringsbad. De temperatuur van de vloeistof mag niet lager zijn dan 20 °C en niet hoger dan 30 °C. Tijdens het activeringsproces, dat ongeveer tien minuten moet duren, wordt de print regelmatig heen en weer bewogen. Nadien moet de print alweer goed schoongespoeld worden met water en gedroogd.

**Stap 8:**
**het galvaniseren van de print**

De voorbereide print wordt nu in de printhouder van het verkoperingsbad ingespannen en in het bad opgehangen. Daarbij wordt de strook van 10 mm gebruikt om de print te bevestigen. Nadat de vier elektrische verbindingen tussen het mechanisme van de printhouder en de bijgeleverde voeding zijn aangebracht moet de gelijkrichter onmiddellijk worden ingeschakeld en ingesteld op een spanning van 500 mV. De maximale stroom bedraagt ongeveer 5 A. Bij deze stroomsterkte wordt 35 μm koper per uur op de print aangebracht. Om de gewenste koperdikte te verkrijgen moet de print dus precies één uur in het verkoperingsbad verblij-

**8.7 Het maken van dubbelzijdige doorgemetalliseerde printen**

ven. Nadien wordt de voeding uitgeschakeld en de print uit het bad gehaald. Ook nu volgt weer een spoelbeurt onder stromend water.

**Stap 9:**
**verwijderen van de fotolak**
De fotolak kan nu verwijderd worden, waarbij gebruik wordt gemaakt van een basische oplossing. Die kan men het beste maken door 40 g natriumhydroxide in 1 l water op te lossen. Natriumhydroxide is de standaard stof waarmee fotogevoelige printen worden ontwikkeld en is overal in de handel. Let echter wel op dat deze stof een zeer sterk bijtend goedje is en in onverdunde toestand flinke brandwonden kan veroorzaken.

**Stap 10:**
**etsen van de print**
De print, die nu helemaal verkoperd is, kan vervolgens geëtst worden. Dat kan in een standaard etsbad met standaard etsmiddelen, zoals ammoniumpersulfaat, natriumpersulfaat of ijzer3chloride. Het gebruik van laatstgenoemde stof wordt echter afgeraden vanwege de diepbruine kleur. Het etsproces kan dan niet goed geobserveerd worden.
Omdat slechts 5 µm koper weggeëtst moet worden, zal het etsen veel sneller gaan dan men bij enkelzijdige printen gewend is. Men moet het proces dus in de gaten houden en de print uit de etsbak halen op het moment dat het koper overal tussen de printsporen verdwenen is. Laat men de print te lang in het etsbad hangen, dan zal ook het koper op de baantjes en in de gaatjes worden weggeëtst, hetgeen uiteraard niet de bedoeling is!

**Stap 11:**
**nabewerking van de print**
Na het etsen kan de print op de gebruikelijke manier worden nabewerkt. Dus eerst met fijne staalwol of een speciaal schuursponsje schuren om de laatste braampjes rond de gaatjes te verwijderen en nadien aflakken met soldeeerlak.
De print is nu klaar en kan gesoldeerd worden.

# 3/8.8

# Werken met ESD-gevoelige onderdelen

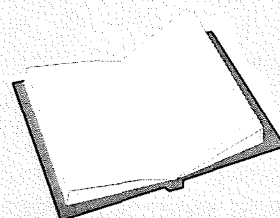
## ESD

**Electro Static Discharge**
"ESD" staat voor "Electro Static Discharge", elektrostatische ontlading. Met dit begrip worden elektrische ontladingen met een betrekkelijk geringe energie inhoud bedoeld. Door deze geringe energie inhoud zijn de ontladingen voor mensen zonder gevaar. Ze zijn hoogstens vervelend omdat u bijvoorbeeld bij het aanraken van een metalen handvat van een kastdeur of een auto een schokje voelt. Voor elektronische apparatuur en onderdelen kunnen deze ontladingen echter vaak ernstige gevolgen hebben. Intelligente systemen kunnen onvoorspelbaar gedrag gaan vertonen en onderdelen kunnen defect geraken. De gevoeligheid van elektronische onderdelen voor ESD wordt vaak onderschat. Met de gegevens in de tabel van figuur 3/8.8-1 hopen wij u hardhandig uit een eventueel zonnige droom te laten ontwaken.
Omdat er tegenwoordig steeds meer complexe elektronische onderdelen op de markt komen die gevoelig zijn voor ESD moet iedereen die met elektronica werkt, of het nu is als beroep of als hobby, goed op de hoogte zijn van de gevaren van ESD en wat tegen deze gevaren te ondernemen valt.

| Device type | ESD withstand voltage sensitivity |
|---|---|
| MR heads, RF FETs | 10 - 100 Volt |
| Power MOSFETs, PIN diodes, laser diodes | 100 - 300 Volt |
| Pre - 1990 VLSI | 400 - 1000 Volt |
| Modern VSLI | 1000 - 3000 Volt |
| HCMOS | 1500 - 3000 Volt |
| CMOS B Series | 2000 - 5000 Volt |
| Linear MOS | 800 - 4000 Volt |
| Small geometry older bipolar | 600 - 6000 Volt |
| Small geometry modern bipolar | 2000 - 8000 Volt |
| Power bipolar | 7000 - 25000 Volt |
| Film resistor | 1000 - 5000 Volt |

**Figuur 3/8.8-1:** De gevoeligheid van elektronische onderdelen voor ESD. De spanningswaarden geven de maximale waarde van de spanning die tussen de pennen van het onderdeel mag staan.

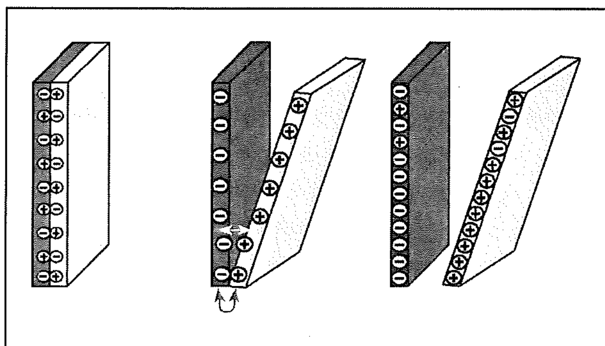
**LEES OOK:**
**Hoofdstuk 3/2.4**
**Hoofdstuk 3/2.5**



**8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen**

## Ontstaan van ESD

Statische elektriciteit ontstaat wanneer twee niet geleidende oppervlakken met elkaar in aanraking komen en weer worden gescheiden. Bij het scheiden van deze twee oppervlakken zal het ene oppervlak elektronen plukken van het andere oppervlak. Dit proces is voorgesteld in figuur 3/8.8-2. Het materiaal waaruit de elektronen onttrokken worden krijgt hierdoor een positieve lading en het materiaal dat de elektronen onttrekt krijgt een negatieve lading. Deze ladingen worden statische ladingen genoemd. Afhankelijk van welke materialen van elkaar gescheiden worden, kan er een lage tot zeer hoge statische lading ontstaan. U kent het verschijnsel wel uit uw eigen praktijk. Als u over een vloerbedekking loopt die nylon bevat, zullen uw schoenen worden opgeladen op het moment dat u uw voet van de vloer optilt.

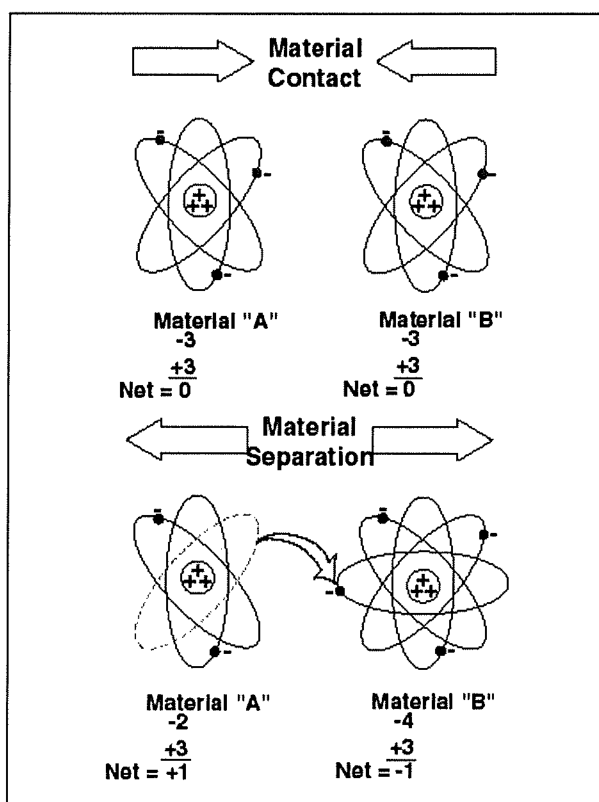


**Figuur 3/8.8-2:** Het ontstaan van elektrostatische lading in niet geleidende voorwerpen.

## Tribo-elektrische oplading

Dit natuurkundige verschijnsel is bekend onder de naam ***tribo-elektrische oplading*** en u krijgt een idee van de werking aan de hand van figuur 3/8.8-3.
Alle materialen om u heen zijn opgebouwd uit moleculen. Moleculen bestaan weer uit nog kleinere deeltjes die we atomen noemen. Een atoom bevat elektrische lading:

- een elektrisch geladen kern bestaande uit positief geladen protonen en elektrisch neutrale neutronen;
- daar omheen draaien negatieve ladingen, de elektronen.




**Figuur 3/8.8-3:** Statische ladingen ontstaan door het tribo-elektrisch verschijnsel.

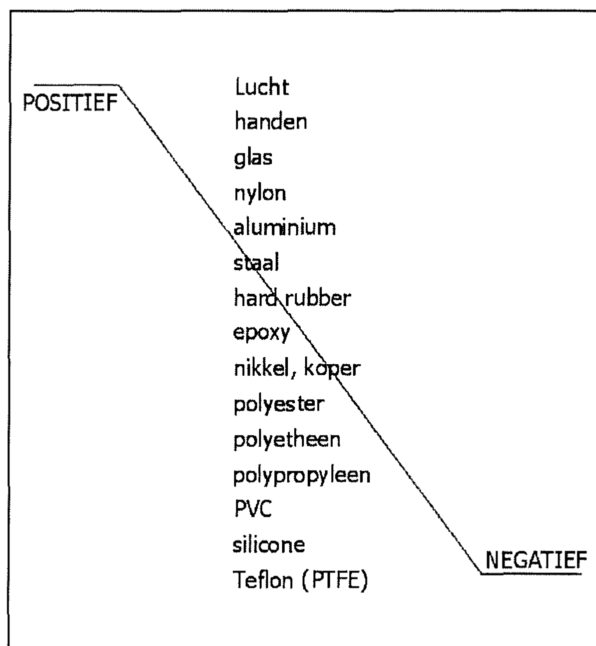
Onder normale omstandigheden is een atoom elektrisch neutraal. Er bevinden zich even veel positief geladen protonen in de kern als er negatief geladen elektronen rond de kern draaien.
De elektronen kunnen zich echter in sommige materialen gemakkelijk verplaatsen, maar het positief geladen deel is onverwoestbaar. Om protonen en neutronen te scheiden is enorm veel energie nodig. Als een atoom een elektron ver-

**8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen**

liest zal de totale lading van het atoom positief worden. Men noemt dit een positief ion. Krijgt het atoom een extra elektron dan zal de totale lading van het atoom negatief worden. Met spreekt dan van een negatief ion.
In het voorbeeld van figuur 3/8.8-3 hebben wij twee atomen voorgesteld met drie elektronen. Beide atomen hebben dus ook drie positief geladen protonen in de kern. De netto lading van beide atomen is nul. In eerste instantie worden de atomen in nauw contact gebracht. Het gevolg is dat de atomen een interactie aangaan en de elektronen vrij gemakkelijk van het ene naar het andere atoom migreren. Omdat dit proces zich miljarden malen per seconde voordoet, is het netto resultaat nog steeds nul. Als u de twee atomen echter van elkaar verwijdert kan het gebeuren dat een elektron nét van het ene naar het andere atoom is overgesprongen. Dat elektron kan niet meer terug en het linker atoom heeft vanaf dat moment een elektron te weinig en het rechter atoom heeft een elektron te veel. Er ontstaat een ladingverschil van twee eenheden tussen beide atomen.

### Tribo-elektrische reeks

De grootte van het ladingverschil en de polariteit ervan is afhankelijk van welk soort atomen na een nauw contact worden gescheiden. Men heeft de zogenoemde ***tribo-elektrische reeks*** opgesteld die in een vereenvoudigde uitvoering is voorgesteld in figuur 3/8.8-4.
Aluminium zal na scheiding van PVC een positieve lading krijgen en PVC een negatieve. Het aluminium heeft dus zijn eigen elektronen aan het PVC afgestaan. PVC op zijn beurt zal positief geladen zijn nadat het met Teflon in aanraking is geweest. Hoe verder de materialen in deze reeks van elkaar af staan des te hoger de onderlinge elektrostatische lading.




**Figuur 3/8.8-4:** Uit deze tribo-elektrische reeks kunt u afleiden hoe groot de verschillading wordt als u twee materialen van elkaar scheidt.

### Van lading naar spanning

Tussen twee van elkaar gescheiden materialen kan dus een ladingverschil ontstaan. In het ene materiaal heerst een elektronen overschot, in het andere een elektronen tekort. Lading wordt gemeten in coulombs. Deze lading uit zich in de praktijk echter als een spanningsverschil volgens de formule:

$$q = C * V$$

De lading van een voorwerp is gelijk aan het product van zijn capaciteit ten opzichte van de aarde en zijn spanning. Als er lading op een voorwerp aanwezig is,

dan zal dit voorwerp dus ook een spanning voeren ten opzichte van de aardreferentie. Vandaar dat we, als we de waarde van ESD willen uitdrukken, het nooit over coulombs hebben, maar steeds over volts. Dat is veel handiger! We spreken in de praktijk dan ook steeds over statische spanning in plaats van over statische lading.

### De waarde van de statische spanning

De waarde van de statische spanning die u op een geladen voorwerp kunt meten ten opzichte van een neutrale referentie (de aarde) is natuurlijk afhankelijk van de plaats van de in contact zijnde materialen in de tribo-elektrische reeks, maar ook van de luchtvochtigheid. Dat is logisch, want vochtige lucht geleidt elektriciteit beter dan droge en hoe vochtiger de lucht, hoe sneller de overbodige elektronen weer uit de atomen zullen ontsnappen. In de tabel van figuur 3/8.8-5 hebben wij een overzichtje gegeven van de statische spanningen die alledaagse activiteiten kunnen opwekken en dat bij twee waarden van de luchtvochtigheid.

| | RELATIEVE LUCHTVOCHTIGHEID | |
|---|---|---|
| | 28 % | 80 % |
| Lopen over een nylon tapijt | 35.000 V | 1.500 V |
| Uittrekken van een trui | 25.000 V | 1.900 V |
| Opstaan van een stoel | 18.000 V | 1.800 V |
| Openen van een plastic zak | 17.000 V | 1.600 V |
| Lopen over een vinyl vloer | 12.000 V | 250 V |
| Werken op een kunststof tafel | 6.000 V | 100 V |

**Figuur 3/8.8-5:** De waarde van statische elektriciteit bij alledaagse werkzaamheden.

U merkt meteen het grote belang van de luchtvochtigheid. Toegegeven, zowel 28 % als 80 % komen in de praktijk niet voor, een normale waarde voor de relatieve luchtvochtigheid in kantoren en werkplaatsen is 50 %. Maar als u de waarde van de statische spanningen, zelfs bij een zeer vochtige lucht, vergelijkt met de kritische spanningen uit de tabel van figuur 3/8.8-1, dan stelt u vast dat de meeste moderne elektronische onderdelen het aanraken ervan, na een wandelingetje over een tapijt, niet overleven!

### Spanning veroorzaakt stroom

Als u, opgeladen tot een statische spanning van 10.000 V, het pootje van een IC aanraakt dat via de werktafel op aardpotentiaal staat, dan zal er een gesloten stroomkring ontstaan. De statische spanning in uw lichaam veroorzaakt een stroom, die via het IC afvloeit naar de aarde. Tussen uw lichaam en de aarde staan allerlei weerstanden en de spanning van 10.000 V verdeelt zich over die weerstanden in verhouding tot hun relatieve waarde in de totale weerstandskring. Het kan dus gebeuren dat tussen twee op 1 μm van elkaar liggende geleidende baantjes in een IC een spanning van 2.000 V komt te staan. Het gevolg zal duidelijk zijn. De spanning slaat over, de stroom die daarvan het gevolg is wekt plaatselijk zoveel vermogen op dat een deel van het IC letterlijk verdampt. Om u een sprekend voorbeeld te geven: een zeer snelle ontlading van 15.000 V wekt een energie op van 20 MJ, wat omgerekend zeer locaal een vermogen van 200 kW kan veroorzaken. Dit is de basisoorzaak van de zeer grote schade die ESD aanricht in elektronische onderdelen en schakelingen!

### De onzichtbare vijand

Let op dat u uw eigen ontlading niet eens hoeft te voelen, te horen of te zien.

De gemiddelde mens is ongevoelig voor ontladingen tot 3.000 V. In het algemeen worden de onderstaande grenzen gehanteerd:

- een elektrische ontlading is voelbaar als een zenuwprikkel vanaf 3.000 V;
- een elektrische ontlading in goed hoorbaar als een licht geknetter vanaf 6.000 V;
- een elektrische ontlading is zichtbaar als klein vonkje vanaf 9.000 V.

Ook als u niets voelt, hoort of ziet kunt u dus een spanning van 3.000 V op een IC zetten!

### Conclusie

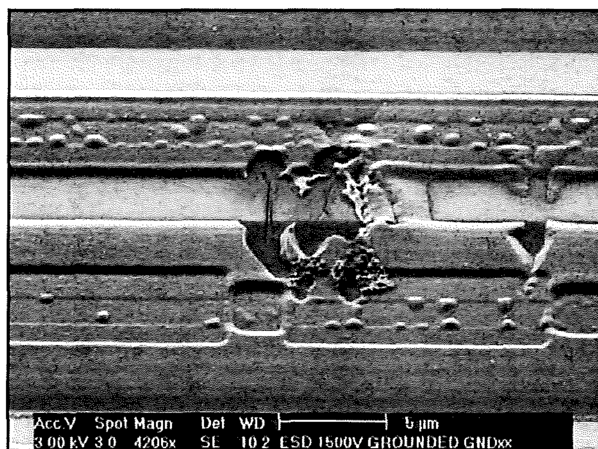
Wij hopen dat wij met deze inleidende informatie het grote gevaar van statische elektriciteit voor werkers in de elektronica hebben duidelijk gemaakt. Op nogal wat babbelboxen wordt het probleem onderschat. Een opmerking als "Voor ik een print onder handen neem raak ik even de radiator van de centrale verwarming aan. Ik wordt dan volledig ontladen en kan zonder speciale ESD-maatregelen aan de slag" slaat werkelijk nergens op! Alleen al het terug lopen van de radiator naar de werkplek kan zoveel statische lading in uw lichaam verzamelen dat u het doodvonnis tekent van elektronische onderdelen.

## Schade door ESD

### Inleiding

Het probleem bij ESD-schade is dat u het niet ziet. In figuur 3/8.8-6 hebben wij als sprekend voorbeeld de schade in beeld gebracht, die een ESD heeft aangericht in het interne van een IC. Binnen het IC heeft een subminiatuur explosie plaats gevonden, waardoor kortsluiting is ontstaan tussen twee naast elkaar gelegen sporen. Uitwendig is er uiteraard geen enkel spoor van de zware averij te ontdekken.

Door de steeds kleiner wordende elektronica en de toenemende snelheid waarop deze chips moeten werken zal de gevoeligheid van deze componenten voor ESD alleen maar toenemen.




**Figuur 3/8.8-6:** Een door ESD beschadigd IC.

### Catastrophic failure

Een catastrophic failure is een ESD-incident, waarbij het onderdeel direct defect raakt. Dat is in feite het beste dat u kan overkomen, want zo'n incident is gemakkelijk op te sporen bij de kwaliteitscontrole van het onderdeel of het apparaat waarin het onderdeel is gesoldeerd.

### Pregnant IC

Een door ESD beschadigd IC hoeft niet direct kapot te gaan. Naarmate een apparaat langer aan staat zal de plek waar de beschadiging plaatsvindt langzaam doorbranden. Dit noemt men een "pregnant IC". Zo'n beschadiging is pas waar te nemen als de apparatuur reeds bij de klant staat.

**8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen**

**Latent Defect**
Een latent defect is min of meer te vergelijken met een pregnant IC. Een latent defect heeft geen totale uitval op termijn tot gevolg, maar leidt tot degradatie van de specificaties van een schakeling of apparaat. U begrijpt ongetwijfeld dat een apparaat waarin een onderdeel zit met latent defect een nachtmerrie is voor iedere technische dienst. De klant klaagt dat het apparaat niet aan uw specificaties voldoet, uw technici meten dat dit inderdaad het geval is, maar wat is de oorzaak?

**ESD to ESDS**
Bij een dergelijk incident wordt statische lading overgebracht van een bron (ESD) naar een ESD-gevoelige ontvanger (ESDS of Electro Static Discharge Sensitive). Een voor de hand liggend voorbeeld. U loopt naar uw werktafel, verzamelt ondertussen lading en pakt een IC van het tafeloppervlak. Op dat moment ontlaadt u zichzelf via de pennen van het IC, het tafeloppervlak, en de (metalen) poten naar de aarde. Voor een dergelijk incident bestaat een model dat HBM heet, oftewel "Human Body Model".

**ESDS to body**
Het omgekeerde incident kan ook voorkomen. Als u zichzelf volledig ontladen heeft en u pakt een ESDS van de opgeladen tafel, dan vloeit er lading van de tafel via het ESDS naar uw lichaam. Ook dát kan uiteraard schade aan het component veroorzaken. Voor dergelijke incidenten heeft men ook een model opgesteld dat door het leven gaat onder de naam MM, oftewel "Machine Model".

**Opmerking**
Realiseert u zich dat een "ESDS to body" incident vaak meer schade aanricht dan een "ESD to ESDS" incident. Een tafel kan bijvoorbeeld veel meer lading verzamelen dan uw lichaam met als gevolg dat de statische spanning veel hoger kan zijn en de ontlaadstroom heftiger.

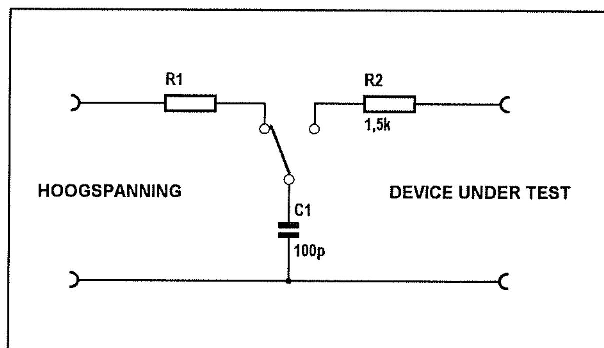
**Field Inducted Discharges**
Rond een elektrostatisch opgeladen voorwerp bevindt zich een elektrostatisch ruimtelijk veld. Als een ander voorwerp in de invloedsfeer van dit veld staat, dan kan dit veld in dit voorwerp een elektrostatische lading opwekken. Dit incident is te vergelijken met de werking van een trafo, waar een onder spanning staande primaire wikkeling een magnetisch veld opwekt en dit magnetisch veld in de secundaire wikkeling een inductiespanning genereert.
Die geïnduceerde lading kan groot genoeg zijn om gevaarlijke statische spanningen te genereren in het voorwerp. Als het voorwerp via een lage impedantie met de aarde is verbonden, kan deze inductielading tot vonkontladingen leiden die beschadigingen tot gevolg hebben.

# Modellen

**Human Body Model**
De mens is de voornaamste bron van ESD-schade. Om componenten op een betrouwbare en reproduceerbare manier te kunnen testen op hun bestendigheid tegen uw eigen ESD moet er dus een internationaal gestandaardiseerd model worden ontwikkeld, dat een elektrisch equivalent voorstelt van uw geladen lichaam. Dat model, dat "HBM" wordt genoemd, is vreemd genoeg erg eenvoudig, zie figuur 3/8.8-7. Nog vreemder is dat dit model al in het midden van de vorige eeuw werd ontwikkeld

**8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen**

als middel om vonkoverslag in steenkoolmijnen, waardoor explosies konden ontstaan, reproduceerbaar te onderzoeken.

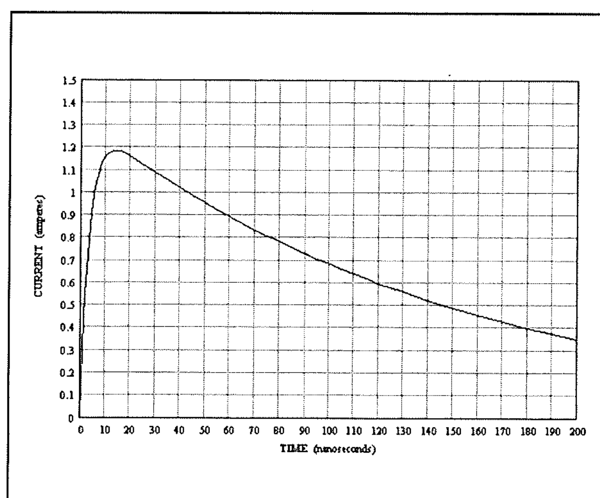



**Figuur 3/8.8-7:** Het wel zeer eenvoudig equivalent schema van uw opgeladen lichaam.

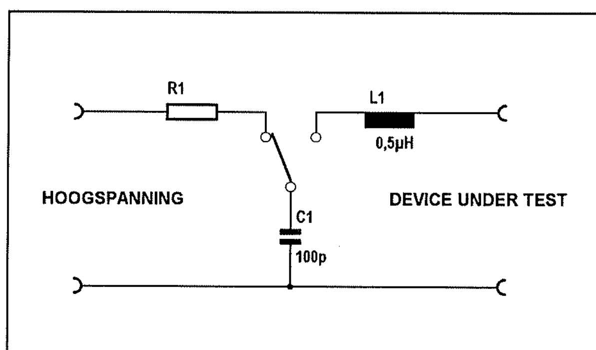
Uw lichaam wordt dus voorgesteld door een condensator met een capaciteit van slechts 100 pF. Deze condensator wordt via de schakelaar en een stroombegrenzende weerstand opgeladen tot de ESD testspanning. Door het omschakelen van de schakelaar ontlaadt de condensator zich via een weerstand van 1,5 kΩ naar het "device under test", het te testen onderdeel. Ondanks de lage waarde van de condensator kunnen er flinke stromen vloeien. In figuur 3/8.8-8 ziet u het typische stroomverloop van de ontlading van een HBM in een onderdeel. Let op de tijdschaal: deze is weergegeven in ns! Conclusie is dat ESD ontladingen zeer snelle verschijnselen zijn, die zich in een paar tientallen ns afspelen. Wat dat betreft kunt u een ESD vergelijken met een bliksem. Ook een bliksem ontstaat en verdwijnt binnen een paar tientallen nanoseconde.

## Machine Model

Het Machine Model is geënt op het Human Body Model, maar ziet er toch iets anders uit, zie figuur 3/8.8-9. De condensator heeft nu een waarde van 200 pF en de ontlaadweerstand is vervangen door een in principe weerstandsloze zelfinductie van 0,5 μH.




**Figuur 3/8.8-8:** Het typisch verloop van de ontlaadstroom als het Human Body Model wordt ontladen in een testonderdeel.

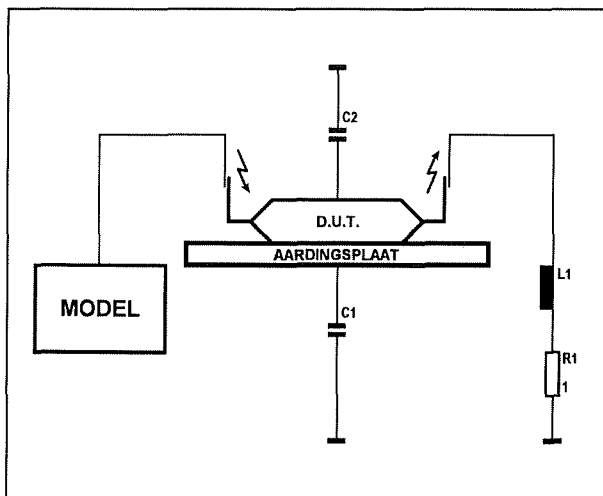



**Figuur 3/8.8-9:** Het Machine Model.

## Het testen van componenten met de modellen

Voor het testen van onderdelen heeft men een standaard meetprocedure ontwikkeld, geschetst in figuur 3/8.8-10. Het te testen onderdeel, in dit geval een DIL-IC, wordt met de pootjes in de hoogte op een metalen plaat gelegd. Eén pootje wordt geladen via het Human

Body Model, een ander pootje wordt ontladen naar de massa via een weerstand van 1 Ω en een kleine zelfinductie. De condensatoren C1 en C2 stellen de paracitaire capaciteiten van het systeem voor.




**Figuur 3/8.8-10:** Een vaak gebruikte meetmethode waarmee u de ESD (on)gevoeligheid van onderdelen kunt onderzoeken.

### Classificatie

Aan de hand van de meetresultaten kan aan ieder onderdeel een klasse worden toegekend. Deze klasse geeft de maximale ESD-spanning die het onderdeel zonder beschadiging kan verdragen. In de tabel van figuur 3/8.8-11 is deze classificatie gegeven voor testen met het meest toegepaste en belangrijkste model, het Human Body Model.

## Maatregelen

### Inleiding

Als u werkt met elektronica onderdelen, al is het maar deze uit hun verpakking halen, dan moet u maatregelen treffen tegen ongewenste ESD. In het algemeen zijn deze maatregelen kort en krachtig samen te vatten met de kreet:

***GEEN LADING = GEEN ONTLADING***

Als u er voor zorgt dat er nergens in de werkruimte lading kan worden opgebouwd, dan kunnen er zich ook geen schadelijke elektrostatische ontladingen voordoen.
De theorie is dus eenvoudig, de praktijk is heel wat moeilijker!

| KLASSE | SPANNINGS-BEREIK |
|---|---|
| CLASS 0 | < 250 V |
| CLASS 1A | 250 V - 500 V |
| CLASS 1B | 500 V - 1.000 V |
| CLASS 1C | 1 kV - 2 kV |
| CLASS 2 | 2 kV - 4 kV |
| CLASS 3A | 4 kV - 8 kV |
| CLASS 3B | > 8 kV |

**Figuur 3/8.8-11:** Classificatie van onderdelen in relatie tot hun (on)gevoeligheid voor ontladingsspanningen volgens het Human Body Model.

### Gecontroleerde ontlading

Het opbouwen van ladingen kan alleen worden voorkomen door alle voorwerpen in de werkruimte op dezelfde spanning of potentiaal te zetten. Dat betekent dus dat alle voorwerpen door middel van elektrisch geleidende paden met elkaar verbonden moeten worden, inclusief uzelf. Het zal duidelijk zijn dat dit gemakkelijker gezegd is dan gedaan.
Bovendien mag u niet zomaar alles door middel van koperdraad met de aarde

**8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen**

verbinden. Als er voorwerpen tóch worden opgeladen, dan moet die lading op een gecontroleerde manier kunnen afvloeien naar de aarde. Dat betekent dat bijvoorbeeld een "geleidende" polsband een ingebouwde weerstand van ongeveer 1 MΩ heeft. Raakt u een opgeladen voorwerp aan, dan zal de elektrostatische spanning via deze weerstand gecontroleerd afvloeien, waarmee wordt bedoeld dat de ontlaadstromen niet te groot zijn.
Het woord "geleidend" moet u dus in het kader van ESD-producten niet al te letterlijk opvatten!

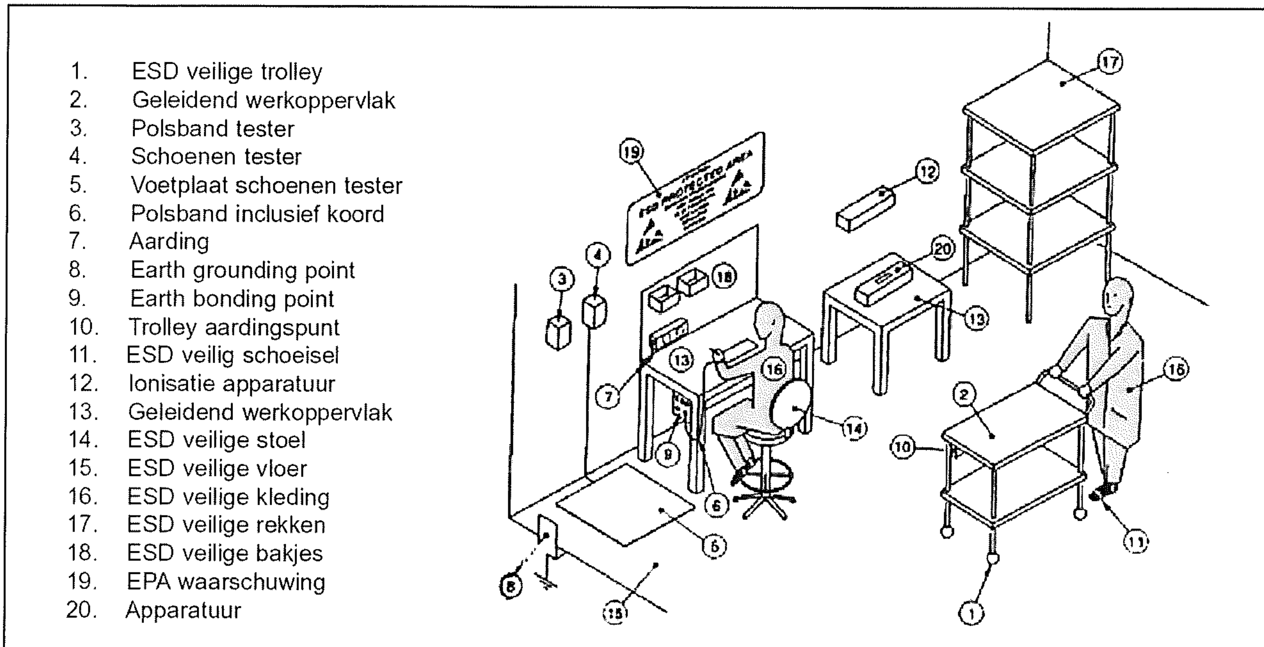
**Electrostatic Protected Area**
Het komt er op neer dat u zogenoemde "EPA's" moet creëren. "EPA" is het letterwoord van "Electrostatic Protected Area", elektrostatisch beschermde ruimte.
Zo'n EPA moet duidelijk herkenbaar zijn door het op deuren en ramen ophangen van speciale stickers (zie figuur 3/8.8-12) en mag alleen door specifiek getraind personeel worden betreden.
Deze sticker heeft een gele achtergrond en zwarte letters.




**Figuur 3/8.8-12:** Door middel van dergelijke stickers worden medewerkers en bezoekers geattendeerd op het feit dat zij uw EPA betreden.

Dergelijke zônes dienen niet om te voorkomen dat ladingen ontstaan, maar wel om er voor te zorgen dat aanwezige ladingen gecontroleerd worden afgevoerd. In de beveiligingszône ligt daarom een geleidende en geaarde vloerbedekking. Afleg- en werkvlakken zijn voorzien van afleidingsweerstanden met een bepaalde weerstand, waardoor ladingen niet te snel, maar ook niet te langzaam worden afgevoerd. Verplaatsbare tafels hebben naast een geleidend oppervlak ook geleidende wielen. Datzelfde geldt voor het onderstel van de stoelen. De bekleding en de vulling zijn vervaardigd uit een geleidend materiaal.
Een probleem is echter de ladingen die worden veroorzaakt door wrijving. Een betrouwbare beveiliging is de aardende polsband en de geleidende eigenschappen van speciale schoenen, die telkens wanneer de drager de beveiligingszône betreedt getest moeten worden. Tenslotte moeten ook geleidende vingerdopjes of handschoenen worden gedragen. Bij het dragen van geaarde polsbanden, die spanningen langzaam en veilig via een grote weerstand (van gewoonlijk 1 MΩ) naar de aarde afleiden, waarschuwt Semtronics, een fabrikant van apparaten om statische ladingen af te voeren, dat deze zeker niet te los gedragen mogen worden en dat de geleidbaarheid ervan nauwgezet gecontroleerd moet worden.
Verder moet de werkkleding, zoals werkjassen, steeds gesloten zijn. Statische oplading van de persoonlijke kleding kan namelijk niet beheerst of afgeschermd worden.
Dank zij deze maatregelen kan in de elektronica productie ESD tegenwoordig meestal goed onder controle worden gehouden.

### 8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen




**Figuur 3/8.8-13:** Een ESD-veilige werkruimte waar aandacht is besteed aan alle punten die van belang zijn.

**De inrichting van een EPA**

Dat bij een goede inrichting nogal wat komt kijken, bewijst figuur 3/8.8-13, waarin we alle aandachtpunten hebben samengevat. Gelukkig bestaan er voor alle twintig aandachtpunten tegenwoordig goede en vaak goedkope oplossingen, die wij in de volgende paragrafen aan u zullen voorstellen. Het overzicht van figuur 3/8.8-13 geeft uiteraard een droom-inrichting van een EPA weer: aan alles is gedacht. Het kan ook ietsjes minder, maar waar u in ieder geval rekening mee moet houden is:

- verpakkingen;
- kleding;
- polsbanden en schoenen;
- producten voor het aarden van ESD-gevoelige apparatuur;
- producten voor het aarden van ESD-veilige producten;
- ESD-veilige tafels;
- ESD-veilige stoelen;
- ESD-veilige trolleys;
- ESD-veilig geaarde soldeerapparatuur;
- ESD-veilige tafels of tafelmatten;
- meetinstrumenten voor het meten en controleren van uw ESD-voorzieningen.

**Mentaliteit**

Naast de hiervoor vermelde ESD-veilige producten is het werken in een ESD-veilige omgeving onlosmakelijk verbonden met zelfdiscipline en mentaliteit van alle medewerkers. Deze zelfdiscipline komt samengevat op het volgende neer:

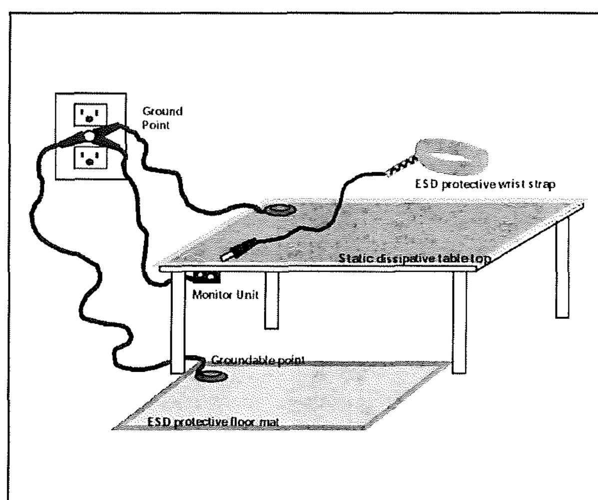
- draag bij directe aanraking van elektronica altijd een van te voren gecontroleerde polsband;
- draag binnen de ESD-veilige ruimte ESD-veilige kleding;
- zorg dat de werkplek vrij is van isolerende materialen (plastic en plakband zijn grote boosdoeners die nogal eens worden vergeten);

**8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen**

- controleer bij elke binnenkomst in de ESD-veilige ruimte uw ESD-veilige schoenen en uw polsband;
- gebruik zowel binnen als buiten de ESD-veilige ruimte goede verpakkingen met afdoende ESD-afscherming;
- begeleid bezoek in de ESD-veilige ruimte en attendeer het op de ESD-maatregelen;
- spreek collega's aan bij ondeugdelijk ESD-gedrag;
- laat een ESD-veilige ruimte regelmatig controleren op de genomen ESD-maatregelen;
- zorg dat uw medewerkers voldoende zijn getraind, zodat ze met de ESD-maatregelen weten om te gaan en weten waarom ze deze maatregelen nodig zijn;
- meld eventuele tekortkomingen in de ESD-veilige ruimte aan de daarvoor verantwoordelijke collega.

**ESD en het hobby-lab**
De ESD-vrije werkruimte die we in figuur 3/8.8-13 hebben geschetst is uiteraard bedoeld voor bedrijven die dagelijks met ESD-gevoelige componenten werken. Het op een dergelijke manier inrichten van een werkruimte kost een hoop centen. Wat moet de hobby-elektronicus op dit gebied doen? Niets en maar hopen dat het goed gaat? Niet erg verstandig, want in figuur 3/8.8-14 hebben wij een minimale ESD-uitrusting voorgesteld die niet veel geld hoeft te kosten, maar voor het gemiddelde hobby-werk een uitstekende bescherming biedt.
Die minimale voorzieningen bestaan uit:
- een geaarde vloermat, die de statische lading in uw lichaam afvoert naar de aarde;
- een geaarde plaat op uw werktafel;
- een geaarde armband.

Deze drie onderdelen moeten op één centraal aardpunt worden aangesloten, het "Ground Point".




**Figuur 3/8.8-14:** De minimale ESD-voorzieningen die ook de hobby-elektronicus moet treffen.

**Pictogram**
Tot slot geven wij u in figuur 3/8.8-15 het internationaal gestandaardiseerde pictogram dat op alle verpakkingen, waar ESD-gevoelige producten in aanwezig zijn, moet worden aangebracht. Ook dit pictogram heeft een gele achtergrond en zwarte tekst. In de plaats van de letter X kunt u vier verschillende codes aantreffen:
- S: Electrostatic discharge shielding;
- D: Electrostatic dissipative;
- L: Low charging;
- C: Electrostatic conductive.

# Verpakkingen

**Inleiding**
Uiteraard moet u ESD-gevoelige componenten verplaatsen van en naar uw EPA's. Het belangrijkste hierbij is gebruik te maken van de juiste bescher-

mende verpakkingen. Er is een norm IEC 61340-5-1 opgesteld waaraan verpakking voor diverse soorten onderdelen moet voldoen.




**Figuur 3/8.8-15:** Het internationaal gestandaardiseerde ESD-pictogram.

- Assemblies met eigen voeding en ESD-gevoelige componenten:
  Een typisch voorbeeld is een moederbord dat gevoed wordt uit een ingebouwde batterij. Deze moeten in "electrostatic dissipative" verpakkingen worden verzonden, dus met een sticker met een D er op. De soortelijke weerstand van de verpakking ligt tussen $10^8$ en $10^{11}$ Ω per vierkante inch.
- Assemblies zonder eigen voeding en losse ESD-gevoelige componenten:
  Dat kunnen compleet gemonteerde printplaten zijn die niet door middel van een eigen batterij of accu van spanning worden voorzien tijdens het transport. Deze moeten in "Low charging" verpakkingen worden verpakt, dus een sticker met de letter L. De soortelijke weerstand van de verpakking ligt tussen $10^2$ en $10^{11}$ Ω per vierkante inch.
- Niet ESD-gevoelige onderdelen:
  Hierbij moet u denken aan metalen chassisdelen en kabels. Hoewel deze onderdelen zélf niet gevoelig zijn voor ESD moeten zij, als zij naar een EPA worden getransporteerd, tóch verpakt worden in "Low charging" verpakking met een soortelijke weerstand tussen $10^2$ en $10^{11}$ Ω per vierkante inch.

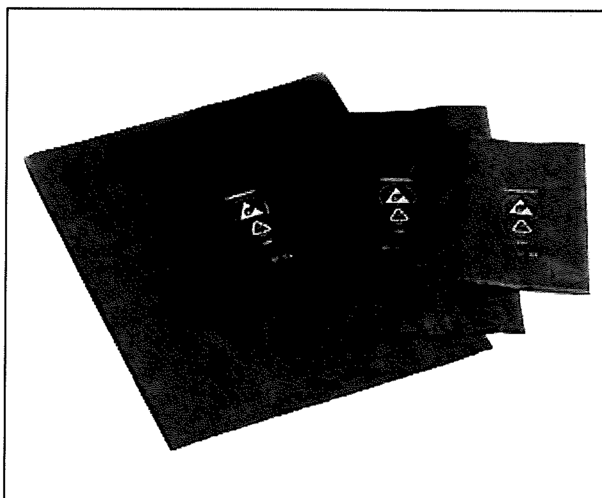
**Kooi van Faraday**
Sommige verpakkingen voldoen aan het "kooi van Faraday" principe. Een kooi van Faraday is een ruimte die volledig elektrostatisch van de buitenwereld is afgeschermd. De inhoud van de kooi kan dus nooit worden beïnvloed door elektrostatische of elektrodynamische velden die buiten de kooi rondrazen.

**Soorten ESD verpakking**
In de praktijk kunt u kiezen uit vier soorten ESD-veilige verpakking:
- zwarte koolstofhoudende verpakkingen;
- roze "pinkpoly" verpakkingen;
- metalic shielding zakken;
- kartonnen verpakkingen met opgesloten geleidende laag.

**Zwarte koolstofhoudende verpakkingen**
Deze verpakkingen, voorgesteld in figuur 3/8.8-16, bestaan uit koolstofhoudend polyethyleen. Als de dikte groter is dan 80 µm zijn ze geschikt als stevige ESD-verpakking voor uw onderdelen en printplaten. U mag ze echter niet gebruiken in uw cleanroom omdat deze zakken koolstofdeeltjes verspreiden. Omdat ze niet transparant zijn loopt u het gevaar dat uw medewerkers gaat kijken wat er in de verpakking zit. Ook moet u oppassen bij het verpakken van een printplaat met een accu. Deze loopt langzaam leeg als

**8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen**

de aansluitpennen in contact komen met het koolstof van de verpakking.
De oppervlakteweerstand van dergelijke zakken ligt tussen $10^3$ en $10^6$ Ω per vierkante inch.



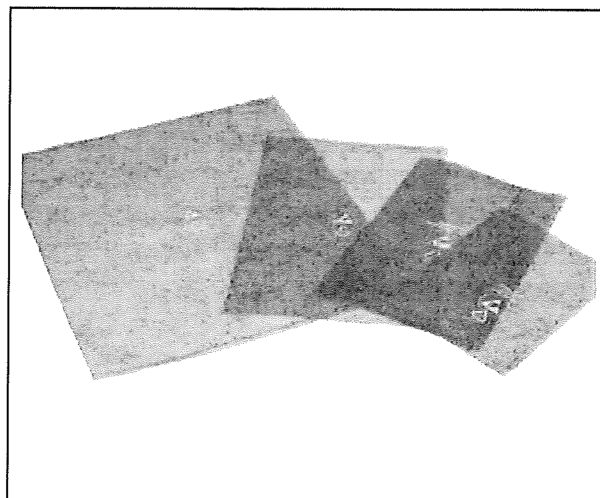
**Figuur 3/8.8-16:** Deze zwarte koolstofhoudende zakken zijn uitstekend geschikt voor het verpakken van ESD gevoelige printplaten.

### Roze "pinkpoly" verpakkingen

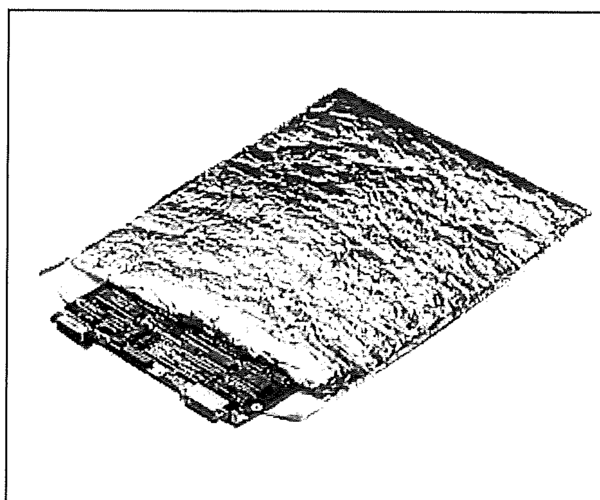
Deze in figuur 3/8.8-17 voorgestelde zakken zijn transparant en niet oplaadbaar. Er zijn twee soorten verkrijgbaar, één die werkt op basis van vocht (kan dus oxidatie veroorzaken) en een nieuwer type dat onafhankelijk van vocht niet oplaadbaar is. Deze zakken zijn te herkennen aan de tekst "permanent dissipatief" die op de zak is gedrukt.
De oppervlakteweerstand van dergelijke zakken ligt tussen $10^{10}$ en $10^{11}$ Ω per vierkante inch. De geleidbaarheid is dus veel kleiner dan deze van koolstofhoudende zakken.

### Metalic shielding bags

Deze in figuur 3/8.8-18 voorgestelde zakken zijn de meest geschikte verpakking voor elk type printplaat met ESD gevoelige componenten. Door het geïntegreerde metaallaagje dat tussen twee polyethyleen laagjes is aangebracht heeft deze verpakking ideale "kooi van Faraday" eigenschappen.



**Figuur 3/8.8-17:** De roze "pinkpoly" verpakkingen hebben een hogere soortelijke weerstand, maar zijn in ieder geval niet oplaadbaar.



**Figuur 3/8.8-18:** Deze metalic shielding bags hebben een aluminium laagje, waardoor deze zakken perfecte kooien van Faraday zijn.

**8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen**

De voordelen op een rijtje:
- heeft uitstekende shielding eigenschappen;
- trekt geen stof aan en kan in uw cleanroom gebruikt worden;
- de zak blijkt bruikbaar zolang er geen grote gaten of scheuren in zitten.

Metalic shielding zakken zijn geschikt voor gebruik in en buiten uw EPA. De polyethyleen buitenlagen hebben een soortelijke weerstand van ongeveer $10^{12}$ Ω per vierkante inch.

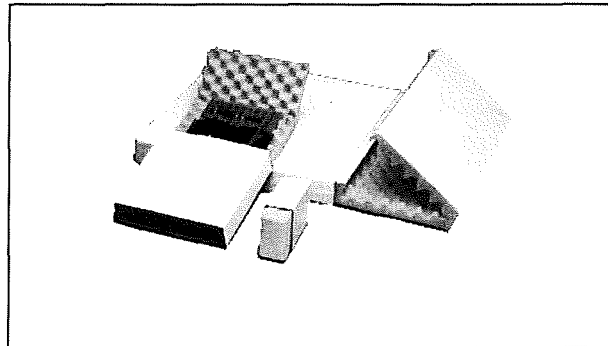
**Kartonnen verpakking met opgesloten geleidende laag**

Deze dozen, zie figuur 3/8.8-19, zijn uiterst betrouwbaar door de speciale volledig gesloten interne geleidende afschermingslaag. De binnen- en buitenlaag zijn gemaakt van een permanent elektrostatisch dissipatief materiaal. Het karton is niet geschikt voor gebruik in een cleanroom vanwege de stofafgifte, maar in combinatie met polyethyleen of polyurethaanschuim is deze verpakking wel het meest flexibele alternatief.

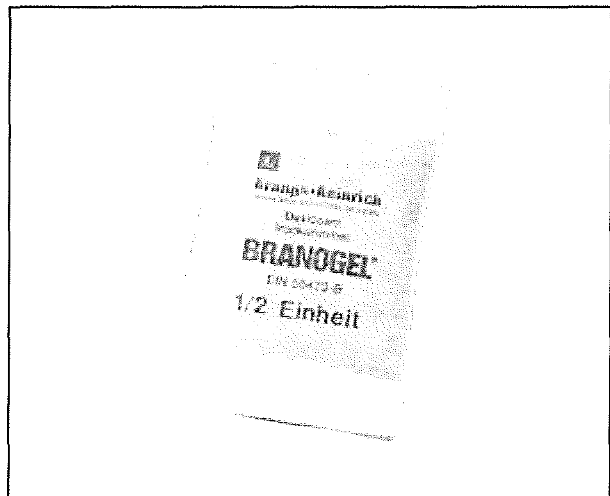
**BranoGel**

Een handig en vaak onontbeerlijk hulpmiddel bij het verzenden van gemonteerde printplaten is het zogenoemde BranoGel. Dit zijn kleine zakjes met erin chemicaliën die het vocht uit de lucht absorberen.

Waarschijnlijk is de lucht in uw kantoor en verpakkingsafdeling vrij droog, maar u weet niet hoe dat zit in de vrachtwagens van de diverse vervoersbedrijven die uw pakketten transporteren en in hún magazijnen. Door zo'n zakje BranoGel, zie figuur 3/8.8-20, in uw verpakking op te nemen zorgt u er voor dat eventueel geabsorbeerd vocht uw kostbare elektronica niet kan beschadigen.



**Figuur 3/8.8-19:** Deze kartonnen dozen met volledig gesloten geleidende binnenverpakking zijn ideaal voor het verzenden van ESD-gevoelige printplaten.

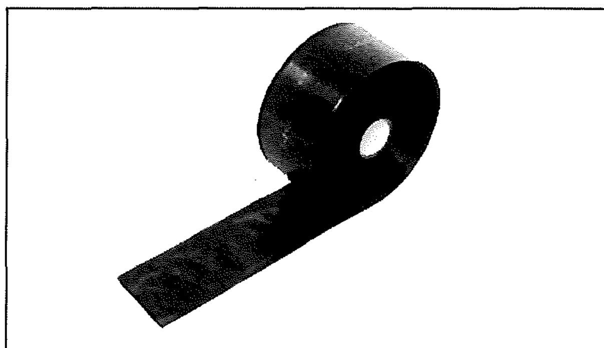



**Figuur 3/8.8-20:** Met dergelijke zakjes BranoGel zorgt u ervoor dat uw producten droog blijven.

**Geleidende plakband**

Het dichtplakken van uw ESD-veilige verpakkingen met gewone plakband is absoluut verboden! Dergelijke tape is veel te statisch, wat u ongetwijfeld kunt beamen als u al eens ooit een pakje met dergelijke tape heeft dichtgeplakt. Er bestaat speciale zwarte geleidende plakband, zie figuur 3/8.8-20, die ook deze laatste stap in het goed verpakken van uw ESD-gevoelige apparatuur volgens de regels van de kunst volbrengt.

Deze plakband heeft een oppervlakteweerstand van ongeveer $10^3$ tot $10^5$ $\Omega$ per vierkante inch.



**Figuur 3/8.8-21:** Elektrische geleidende plakband vormt het laatste onderdeel voor uw ESD-veilige verpakkingsafdeling.

# De EPA

### Inleiding

Aan de inrichting van een “Electrostatic Protected Area” moet u heel veel aandacht besteden. Werkelijk niets dat in de ruimte aanwezig is mag aan uw aandacht ontsnappen. Let er bij de inrichting op dat u meubilair aanschaft dat zo min mogelijk onderhoud vraagt. Stof afnemen van de schappen van een rek veroorzaakt wrijving en die wrijving kan weer oorzaak zijn van ongewenste opladingen.
Een voorbeeld. U kunt het best open opbergkasten met draadrekken toepassen in plaats van de bekende magazijnstellingen met vol-metalen legplanken. Zo'n speciale stelling is voorgesteld in figuur 3/8.8-22.
De draadconstructie van de rekken in zeer onderhoudsvrij en de rekken worden met speciale elektrisch geleidende verbinders (sure locks) met de verticale steunen van het systeem verbonden. De pootjes van deze steunen zijn uiteraard van metaal, zodat zij goed elektrisch contact maken met de vloer.



**Figuur 3/8.8-22:** Met dergelijke onderhoudsvrije en elektrisch geleidende magazijnstellingen kunt u uw gevoelige ESD-producten veilig opbergen.

### Twee basisregels

Voor het inrichten van uw EPA gelden twee basisregels:
- alle geleidende voorwerpen aarden;
- alle isolerende voorwerpen verwijderen, vervangen door ESD-veilige equivalenten, behandelen met geleidende verf of afschermen.

Als u zich aan deze twee regels houdt dan heeft u de basis gelegd voor een professionele ESD-veilige werkruimte.

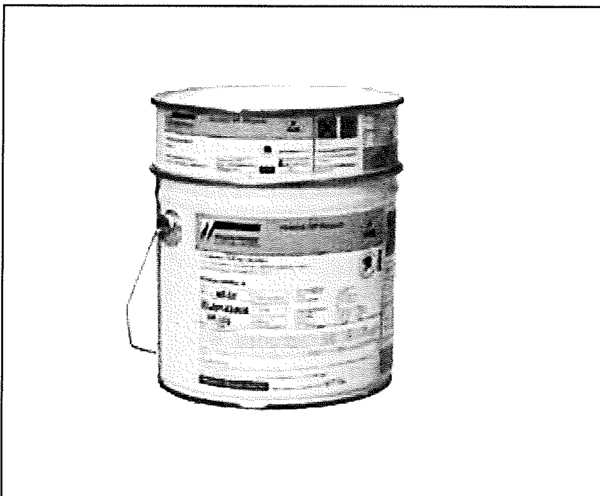
### De vloer

Het goed aanbrengen van elektrisch geleidende vloerbedekking met elektrisch geleidende lijm is cruciaal in verband met ESD-effecten. Een belangrijk punt is om vooraf te formuleren aan welke eisen de vloerbedekking moet voldoen. De soort vloerbedekking moet worden gerelateerd aan de aard van het werk dat in uw EPA wordt verricht. Zo wordt bijvoorbeeld elektrisch geleidend tapijt veel toegepast in kantoorruimten met data-

verwerkende apparatuur. In de elektronica-industrie maar ook in de gezondheidszorg daarentegen wordt veel gewerkt met elektrisch geleidende PVC-vloerbedekking en epoxy en/of polyurethaan vloeren.

**Vloercoating**

Voor betonnen vloeren is er geleidende twee-componenten hars te koop, bijvoorbeeld van het merk Ecostat. Deze DF Polycan, zie figuur 3/8.8-23, is een polyurethaan hars die door toevoegingen elektrisch geleidend is gemaakt. De hars kan zowel op vloeren als op muren met de kwast of de roller worden aangebracht. De typische weerstand van de laag naar de aarde is $10^6$ Ω.



**Figuur 3/8.8-23:** Met dergelijke geleidende twee-componenten harsen kunt u harde vloeren en muren ESD-veilig bewerken.

**Het meubilair**

Het is belangrijk dat objecten die op de vloerbedekking staan of bewegen hun lading kunnen afvoeren naar de vloer. Zo moet bij het lopen over een vloer of vloerbedekking de lichaamsspanning(en) van uw medewerkers goed aan de vloer worden overgedragen. Dit betekent dat de kleding door het wrijven over het lichaam of over elkaar, geen of weinig lading mag opwekken. Het afvoeren van de lichaamsspanning naar de vloer vindt plaats door ESD-sokken en ESD-schoenen. Ook is het belangrijk dat het meubilair aan zekere eisen voldoet. Voor bewegend en rollend materieel zoals stoelen met zwenkwielen, transportwagentjes en dergelijke is het belangrijk dat deze objecten zijn uitgevoerd met ESD-wieltjes. Kantoorstoelen moeten daarbij een zodanige constructie hebben dat een eventueel opgewekte elektrostatische lading goed kan worden afgevoerd naar de vloer. Ook moeten de zitting, rugleuningen, armsteunen en kunststofschaal van deze stoelen geen of weinig lading opwekken als er over gewreven wordt. Daarnaast verdienen de bladen van uw bureaus en het materiaal op uw bureaus zoals kunststof postbakjes, kunststof mappen en dergelijke de aandacht.

**ESD-veilige tafelmatten**

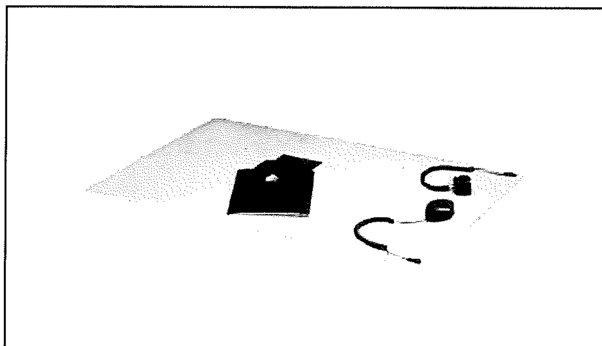
Geleidende matten, die u op uw werktafels kunt leggen, bestaan in alle denkbare maten en uitvoeringen. In figuur 3/8.8-24 is een model voorgesteld dat is voorzien van een aansluiting voor een armband en uiteraard een aansluiting voor de noodzakelijke aarding van de mat. De weerstand van dergelijke matten ligt ergens tussen $10^5$ en $10^9$ Ω per vierkante inch.

**ESD-veilige bakken**

De normale kunststof bakken waarin u uw onderdelen en tussenproducten verzamelt zijn uit den boze in uw EPA. Diverse fabrikanten hebben zich gespecialiseerd in de productie van alle vormen

**8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen**

en maten bakken, vervaardigd uit geleidend gemaakt polypropyleen. U herkent deze bakken aan hun zwarte kleur en natuurlijk de ESD-stickers.

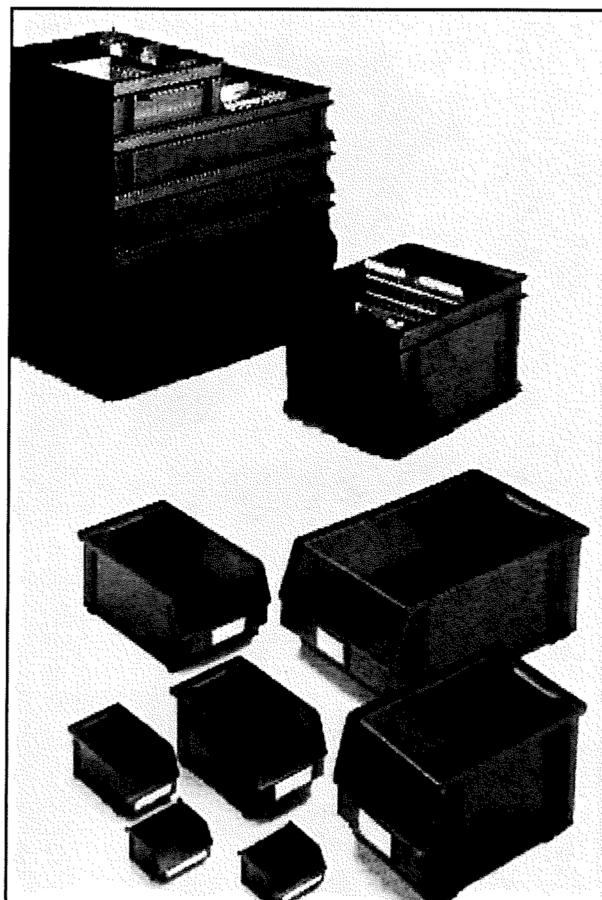


**Figuur 3/8.8-24:** Met dergelijke geleidende matten kunt u uw werktafels van een ESD-veilige bovenlaag voorzien. U kunt er ook uw armbanden op aansluiten.

In figuur 3/8.8-25 hebben wij een paar van dit soort bakken verzameld. De oppervlakte-weerstand bedraagt ongeveer $10^5$ Ω per vierkante inch. Ook de bekende stapelbare magazijn voorraadbakken kunt u tegenwoordig in een ESD-veilige uitvoering aanschaffen.

### De aarding

In uw EPA moet u heel wat objekten met de aarde verbinden en het is dus logisch dat u zorgt voor voldoende geaarde stopcontacten. Om al die dingen te aarden is er een aantal handige hulpmiddeltjes ontwikkeld, waarvan wij er in figuur 3/8.8-26 een paar voorstellen. De aardingsverdeler (boven) stopt u in een geaarde wandcontactdoos. U krijgt dat drie aansluitingen waarop u de aardingskabeltjes (onder) kunt aansluiten. In het midden is een aardingsverdeler voorgesteld die u op een werkbank kunt monteren.



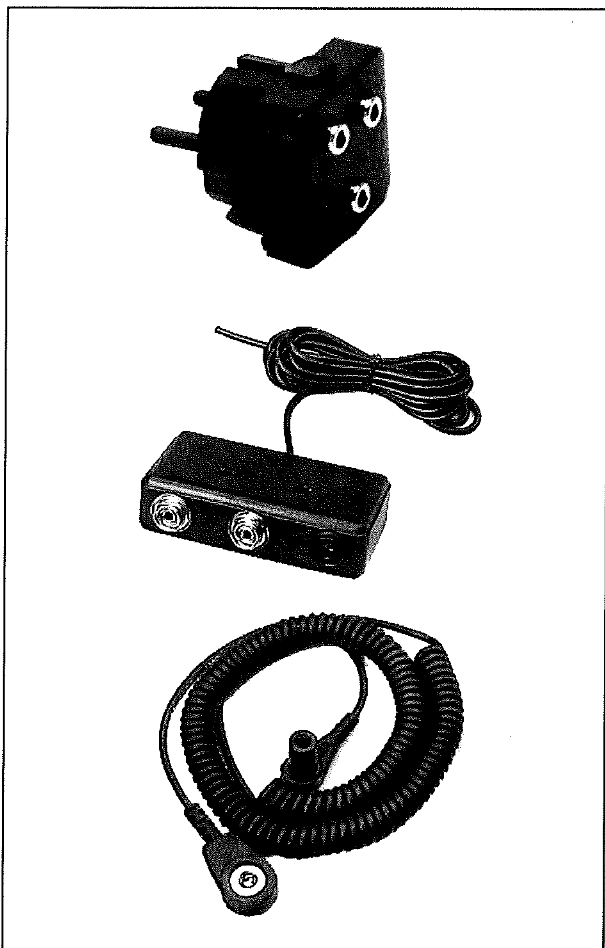
**Figuur 3/8.8-25:** Magazijnbakken uit geleidend polypropyleen.

# De mensen

### Inleiding

De mens is de belangrijkste bron van ESD. Immers, de mens beweegt vrijwel voortdurend en al die bewegingen wekken wrijving op. Wrijving is een van de voornaamste bronnen van elektrostatische spanningen. Bovendien heeft de mens, met zijn altijd aanwezig zout zweetlaagje, een zeer lage "inwendige weerstand". Lading, in de mens aanwezig, kan zich dus via een zeer lage weerstand ontladen in gevoelige onderdelen en apparatuur.

**8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen**



**Figuur 3/8.8-26:** Een paar handige hulpmiddelen om alles dat geaard moet worden met de aarde te verbinden.

Vandaar dat u veel aandacht moet besteden aan het "ontladen" van iedereen die om wat voor reden dan ook al is het maar even in uw EPA aanwezig is. Dat geldt dus niet alleen voor de werkers in die ruimte maar ook voor toevallige bezoekers.

### Polsbanden

Iedereen die werkzaamheden verricht aan ESD-gevoelige onderdelen en assemblies ***is verplicht een geaarde polsband te dragen.*** Op deze regel kunt u geen uitzonderingen toestaan! Er zijn allerlei soorten geleidende armbanden in de aanbieding, van heel eenvoudige tot heel luxe uitvoeringen. Zo kunt u zelfs polshorloges kopen, die alle eigenschappen van een ontlaadband bezitten.
In figuur 3/8.8-27 is een standaard uitvoering van een armband voorgesteld. Deze is samengesteld uit roestvrijstalen schakels die via geleidende elastische banden aan elkaar zijn gekoppeld. Op het plaatje ziet u de connector, waarmee u de armband met de aardingskabel kunt verbinden. Uiteraard is er tussen de connector en de armband een weerstand van een paar MΩ aanwezig, zodat de armband wél elektrostatische ladingen kan afvoeren, maar geen elektrocutatie tot gevolg kan hebben bij accidenteel aanraken van de fase van de netspanning. De ingebouwde weerstand begrenst dan de aardstroom op een veilige waarde.




**Figuur 3/8.8-27:** De standaard uitvoering van een te aarden armband.

### Schoenen

Schoenen zijn uiteraard een voor de hand liggende bron waarin zich het tribo-elektrische effect kan ontwikkelen. Iedere keer als u uw voet optilt van de

vloer wordt er lading in uw schoenzool opgebouwd, die zich snel over uw lichaam verdeelt. Diverse fabrikanten brengen een uitgebreide collectie ESD-veilige schoenen op de markt, waarbij zowaar op modetrends wordt gelet. Dit schoeisel is vrij duur. Met de in figuur 3/8.8-28 voorgestelde "heel & toe grounders" kan het echter heel wat goedkoper. Zo'n grounder bestaat uit een geleidende strip met klittenband, die u strak rond uw voeten kunt wikkelen. De ingebouwde weerstand van 1 MΩ zorgt ervoor dat de lading van uw lichaam en uw schoenen snel afvloeit naar de vloer en vandaar (hopelijk) naar de aarde.



**Figuur 3/8.8-28:** Een "heel & toe grounder" is een goedkoop alternatief voor de dure ESD-veilige schoenen.

**ESD-veilige werkkleding**
Iedereen die in uw EPA werkt is verplicht ESD-veilige overkleding te dragen. Synthetische kleding is immers een beruchte bron van statische elektriciteit (trek maar eens een trui uit en hoor het vonken!) vanwege de onvermijdelijke wrijving. In figuur 3/8.8-29 hebben we een paar "uni-sex" stofjassen voorgesteld, die licht van gewicht zijn en daardoor comfortabel te dragen. In de stof zijn geleidende draadjes geweven in een raster van 4 mm, zodat plaatselijke ladingsophopingen zich in ieder geval onmiddellijk verspreiden. Die draadjes maken ook contact met uw lichaam en via de weerstand van uw huid en uw armband kan de lading afvloeien naar de aarde. Dergelijke stofjassen hebben een oppervlakteweerstand tussen $10^5$ en $10^7$ Ω.

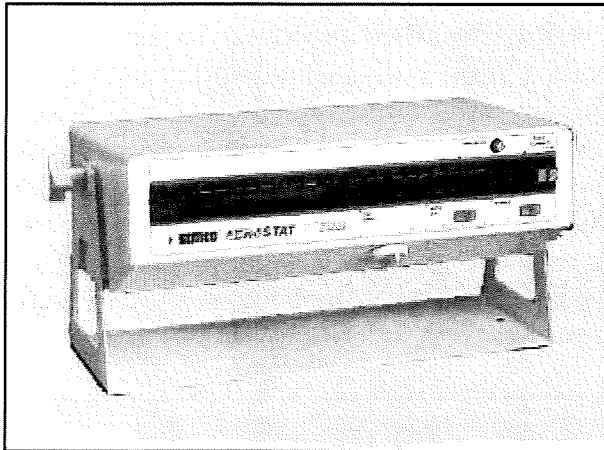


**Figuur 3/8.8-29:** Lichte en comfortabel te dragen ESD-veilige stofjassen.

# Speciale apparatuur

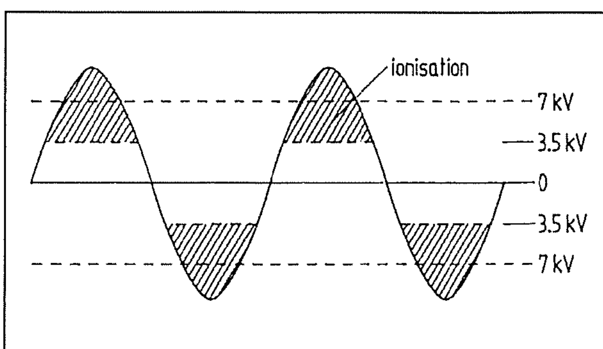
**Ionisators**
Door de lucht in uw EPA te ioniseren kunt u de elektrische geleidbaarheid ervan dramatisch verhogen, iets dat statische ladingen erg vervelend vinden. Het heeft weinig zin uw gehele EPA te ioniseren, want de geïoniseerde atomen in de lucht hebben tóch de neiging zich weer snel te recombineren. In figuur 3/8.8-30 hebben wij een kleine ionisator voorgesteld, die u boven een werktafel kunt hangen en via een ingebouwde ventilator geïoniseerde lucht naar uw tafelblad blaast. Op deze manier krijgt u alleen lucht met een lage weerstand op de plaatst waar die het meest van pas komt.

**8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen**



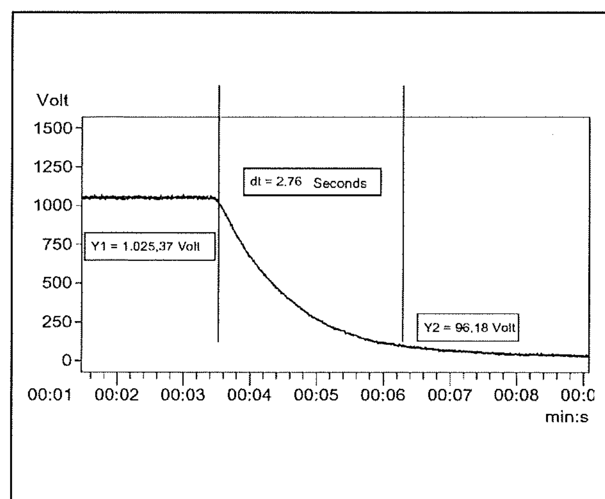

**Figuur 3/8.8-30:** Een kleine ionisator voorziet uw werkplek van geleidende geïoniseerde lucht.

In zo'n ionisator zit een hoogspanningsgenerator, die een mooie sinusvormige spanning genereert met een top-tot-top waarde van meer dan 15 kV, zie figuur 3/8.8-31. Deze spanning wordt aangelegd tussen twee kamvormig in elkaar grijpende metalen elektroden. Als de spanning tussen de tanden van de kam stijgt tot meer dan 3,5 kV begint de lucht tussen de tanden te ioniseren. Stabiele atomen worden door de elektrostatische krachten uit elkaar gerukt, wat overblijft zijn zware positieve ionen en lichte negatieve elektronen.




**Figuur 3/8.8-31:** De hoogspanning die in de ionisator wordt opgewekt en verantwoordelijk is voor de ionisatie van de lucht.

De ionen worden door een ventilator de ruimte ingeblazen en gaan op zoek naar vrije elektronen, waarmee zij zich kunnen verbinden. Op deze manier is een ionisator in staat statische ladingen, die worden veroorzaakt door vrije elektronen, van voorwerpen te verwijderen.
Dat zo'n apparaat goed werkt, bewijst figuur 3/8.8-32. De ionisator werd op 60 cm van een tot 1 kV opgeladen plaat opgesteld. In minder dan drie seconde is het apparaat in staat de statische spanning te verlagen tot 100 V.




**Figuur 3/8.8-32:** De werking van de ionisator toegelicht aan de hand van een voorbeeld.

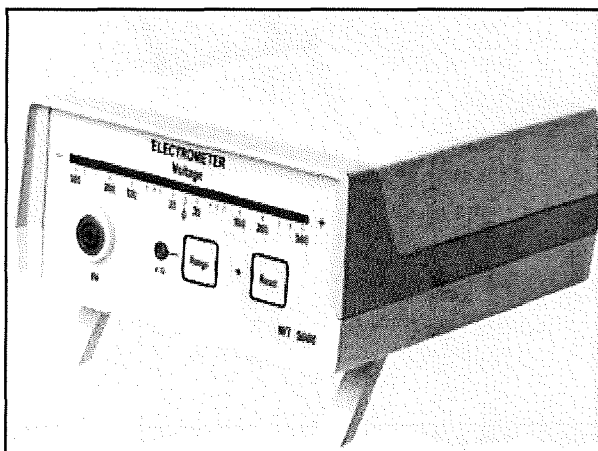
**Elektrometer**

Met een elektrometer kunt u de statische spanning op voorwerpen ten opzichte van de aarde meten. U kunt zo'n meter echter ook prachtig gebruiken voor het testen van uw persoonlijke ESD-hygiëne. In het ESD-wereldje spreekt men vaak over een "walking test meter", een meter waarmee u kunt meten of uw vloerbedekking, uw schoenen en uw armband wel voldoende bescherming bieden. In figuur 3/8.8-33 is zo'n elektrometer voorgesteld. Een elektrometer is in feite

**8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen**

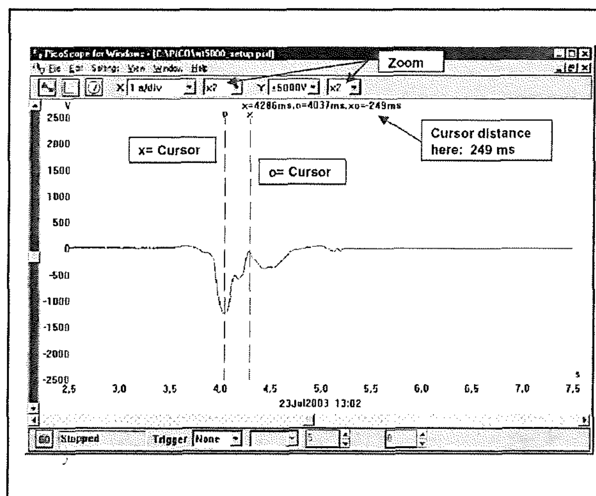
niets anders dan een voltmeter met een heel hoge ingangsimpedantie en zeer lage ingangscapaciteit, zodat statische spanningen niet onmiddellijk weglekken via de ingangskarakteristieken van de meter. Deze elektrometer, type WT5000, heeft de volgende specificaties:

- meetbereik
  -5 kV tot +5 kV
- ingangsimpedantie
  $>10^{14}\ \Omega$
- ingangscapaciteit
  < 5 pF
- responstijd
  < 5 ms
- display
  logaritmisch LED-display met peak-hold
- nauwkeurigheid
  5 % van de gemeten spanning



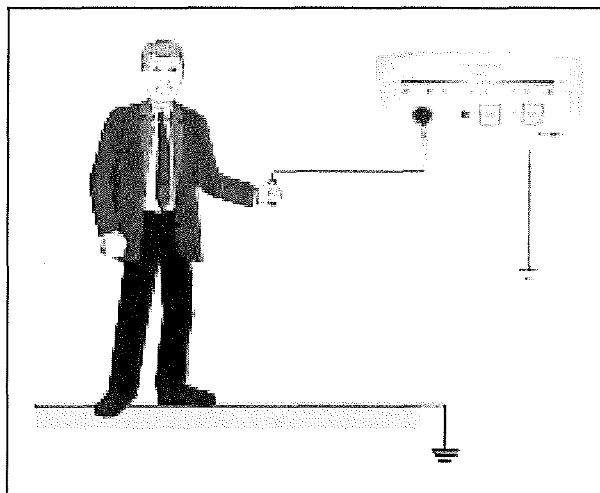

**Figuur 3/8.8-33:** Met een dergelijke elektrometer kunt u uw ESD-maatregelen beoordelen op doeltreffendheid.

De WT5000 heeft een USB-poort, waarmee u het apparaat met uw PC kunt verbinden. Met de bijgeleverde datalogging software, zie figuur 3/8.8-34, kunt u de meetgegevens op een eenvoudige manier loggen.




**Figuur 3/8.8-34:** De meetgegevens van de WT5000 op het beeldscherm van uw PC.

Het testen van uw voetbescherming en armbanden doet u aan de hand van figuur 3/8.8-35. De WT5000 heeft een netstekkervoeding maar moet rechtstreeks met de aarding van uw EPA worden verbonden. U neemt een speciale meetprobe in de hand en sluit de kabel van deze probe aan op de meetingang van het apparaat.

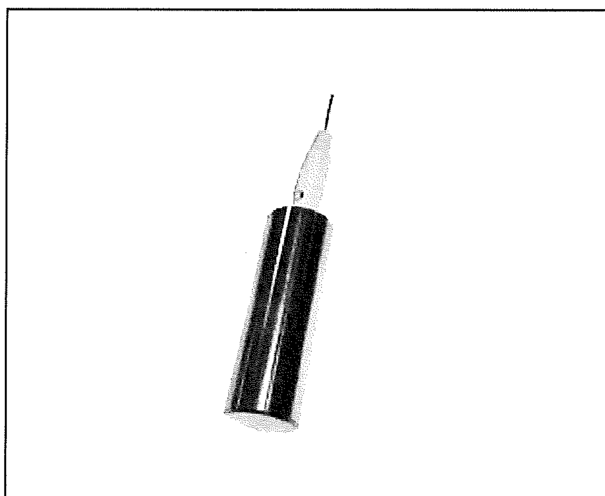


**Figuur 3/8.8-35:** Het testen van uw persoonlijke ESD-hygiëne met een elektrometer.

Door rond te lopen en de LED-schaal te observeren krijgt u een idee van de mate waarop uw lichaam in staat is de verzamelde statische lading af te voeren via vloer en/of armband.

### Handheld probe

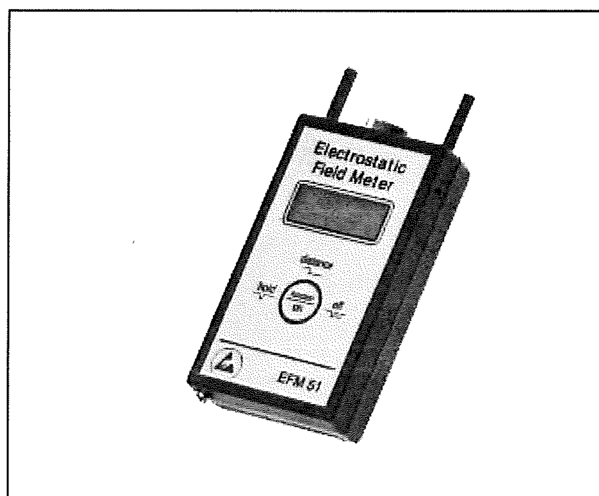
Bij het testen van uw ESD-maatregelen kunt u in feite niet buiten een goede handprobe. Een dergelijke probe bestaat, zie figuur 3/8.8-36, uit een stevige roestvrijstalen cilinder met een diameter van 25 mm en een lengte van 70 mm. Deze probe kunt u aansluiten op de meetingang van uw elektrometer. Als u deze probe stevig in uw hand houdt kunt u uw eigen statische spanning zeer nauwkeurig meten.



**Figuur 3/8.8-36:** Een zogenoemde "handheld probe" waarmee u uw eigen statische spanning met een elektrometer kunt meten.

### Veldsterktemeter

Als er ergens in uw EPA een zeer hardnekkige bron van statische lading is en de normale maatregelen niet helpen, kan het interessant zijn een veldsterktemeter aan te schaffen. Met zo'n meter kunt u namelijk op zoek gaan naar de bron van het statisch veld. Misschien stelt u met zo'n meter vast dat die oude, trouwe monitor die al vijftien jaar meetgegevens uitleest in het geniep ladingsdragers de ruimte in sproeit. In figuur 3/8.8-37 stellen wij u de EFM51 voor, een veldsterktemeter van de moderne generatie met tweeregelig LCD-display. Het apparaat meet het elektrisch veld tussen de twee meetprobes en dat tot een maximale waarde van 800 kV/m. U kunt er ook statische spanningen mee meten, waarbij u de afstand tot de bron kunt instellen op afstanden van 1, 2, 5, 10 en 20 cm. De interne intelligentie rekent dan veldsterkte in spanning om. Het maximale meetbereik voor statische spanningen bedraagt 160 kV.




**Figuur 3/8.8-37:** De veldsterktemeter EFM51.

### Oppervlakteweerstand meter

Tot slot van het speciale ESD-instrumentarium stellen wij in figuur 3/8.8-38 een meetapparaatje voor, waarmee u de oppervlakteweerstand van objecten kunt meten. Deze SRM110 meet de weerstand tussen twee punten op het oppervlak van een krat, een tafelblad of een vloer. Het apparaat werkt met twee meetspanningen, namelijk 10 V en 100 V. Het meet-

**8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen**

bereik gaat van $10^3$ Ω tot en met $10^{12}$ Ω. De gemeten weerstand wordt aangegeven op een LED-schaaltje met twaalf meetpunten. Twee parallelle elektrodes worden meegeleverd, waarmee u de afstand tussen de twee meetpunten voor al uw metingen standaardiseert.




**Figuur 3/8.8-38:** Met deze weerstandsmeter meet u oppervlakteweerstanden tot $10^{12}$ Ω.

# Werken in uw EPA

### Stel een standaard procedure op

Uw EPA kan volgens de regels van de kunst zijn ingericht, als uw medewerkers er de kantjes aflopen gaan er gegarandeerd dingen mis. Het is dus ten stelligste aan te bevelen dat u een stappenplan opstelt, waaraan iedereen die in uw EPA werkt zich aan te houden heeft. Stel ook een “ESD-supervisor” aan die verantwoordelijk wordt gesteld voor de handhaving van het stappenplan.
Zo’n stappenplan zou er als volgt uit kunnen zien.

- Aantrekken van ESD-veilige stofjassen voor het betreden van de EPA en deze niet open laten hangen.
- Controle van ESD-schoeisel en polsband met snoer bij het betreden van de EPA.
- Controle van de werkplek op zuiverheid.
- Verwijder alle statisch oplaadbare materialen op en rond de werkplek.
- Invoer van onderdelen en printplaten alleen toegestaan in ESD-veilige verpakking en alleen getransporteerd op ESD-veilige trolley’s.
- Aarden van de werknemer door middel van polsband met snoer.
- Controle van de aarding van soldeerbouten.
- Assemblage en reparatie alleen met ESD-veilig gereedschap, dus geen gereedschappen toelaten die een medewerker toevallig in zijn of haar jas heeft zitten.
- Opslag van onderdelen, geassembleerde of gerepareerde printplaten uitsluitend in een goede shielding verpakking of ESD-veilige transportbak.

### Controles

Het is aan te bevelen regelmatige controles uit te voeren op het naleven van uw richtlijnen.
Controleer dagelijks alle medewerkers op:
- polsbanden;
- schoeisel;
- jassen (dicht dragen!).

Controleer elke drie maanden via uw ESD-coördinator:
- de vloeren;
- de werktafels;
- de stoelen;
- alle karretjes;
- alle opbergkasten;
- all kleding;
- waarschuwingslabels en borden;
- het in uw EPA gebruikte gereedschap.

**8.8 Werken met ESD-gevoelige onderdelen**

# Meer informatie

De in dit hoofdstuk voorgestelde producten en apparaten worden verkocht door:

ROMEX BV
Postbus 129, 3910 AC Rhenen
Telefoon: 0317-39.87.87
Fax: 0317-39.87.80
E-mail: info@romex.nl
Internet: www.romex.nl

# 3/8.9

# Software voor de ontwerper

## Inhoud



**Vego's bestelservice voor oude hoofdstukken**

**Alle hoofdstukken uit dit naslagwerk kunt u afzonderlijk bestellen. Ga hiervoor naar onze internetsite www.hobbyelektronica.nu en klik de menu-optie "Bestellen hoofdstukken" aan.**

**8.9 Software voor de ontwerper**

## 8.9 Software voor de ontwerper

### 3/8.9.26 Meetwaarden registreren met RealView 2.0 van Abacom
*(verschenen in de 120e aanvulling)*

### 3/8.9.27 Blokschema's simuleren met de ProfiLab's van Abacom
*(verschenen in de 125e en 126e aanvulling)*

### 3/8.9.28 Edison4, een elektronica ontwerp laboratorium op uw PC
*(verschenen in de 129e aanvulling)*

## 8.9 Software voor de ontwerper

# 3/8.9.1
# Kiezen van R- en C-waarden

**Inleiding**
In dit hoofdstuk wordt een programma beschreven, waarmee men berekende weerstanden en condensatoren kan vervangen door de dichtst bijzijnde waarde in een van de E-reeksen.
Voor de schakeling van een timer moet men bijvoorbeeld de tijdbepalende weerstand en condensator berekenen. De kans dat de berekende waarden precies standaard waarden uit een der E-reeksen zijn is erg klein. Het programma zoekt uit de geselecteerde E-6, E-12 of E-24 reeks de best passende waarde, rekening houdende met de tolerantie. Na de berekening worden niet alleen de geselecteerde waarden op het scherm gezet, maar ook de afwijkingen en de kleurencodes.

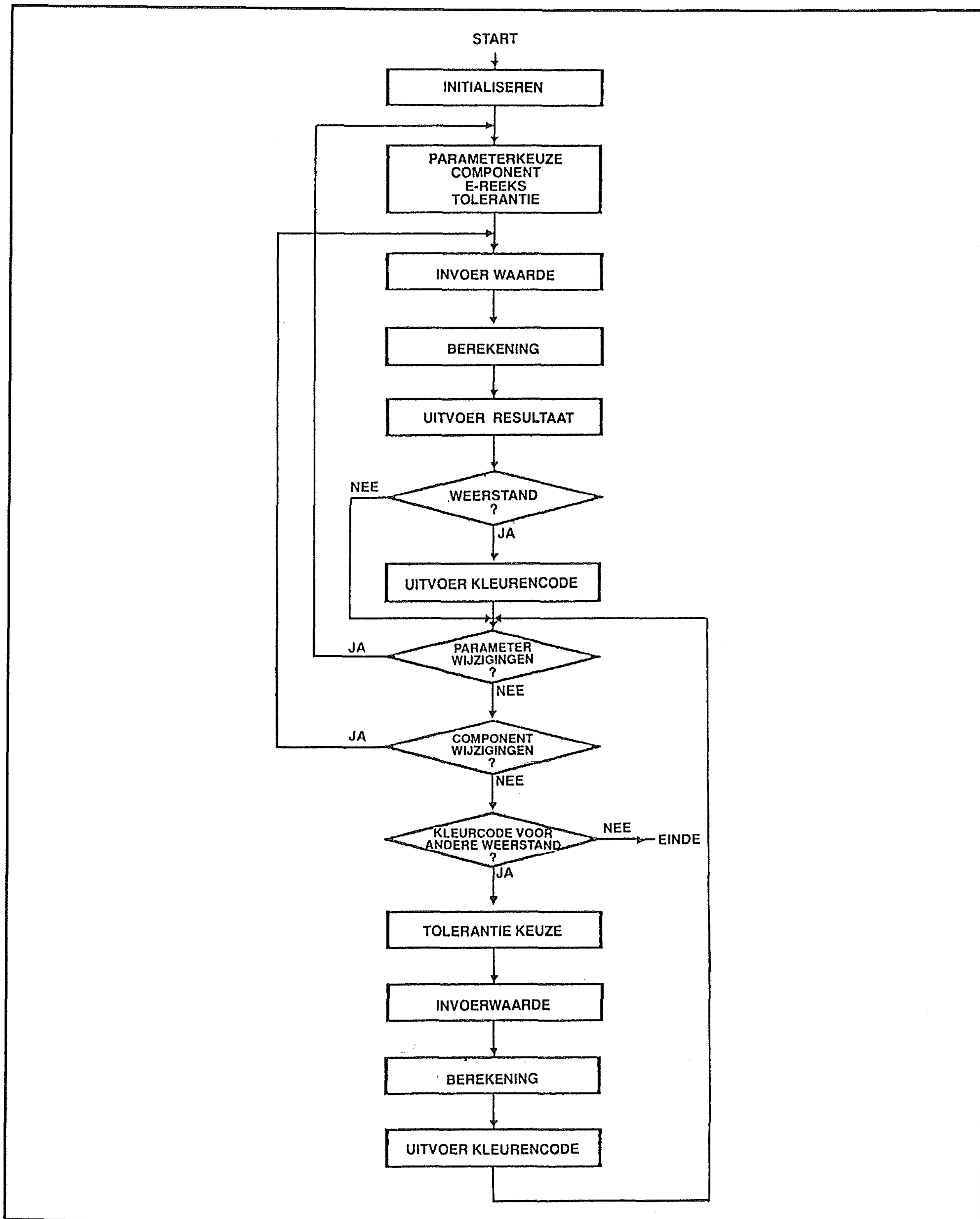
**Het programma**
Het programma is geschreven in GW-BASIC voor PC's.
Er wordt echter uitsluitend gebruik gemaakt van basis BASIC-instructies, zodat de listing met enkele minieme wijzigingen ook op andere computers is te gebruiken.
Voor toepassing op een computer met APPLESOFT volstaat het bijvoorbeeld de CLS-instructie te vervangen door HOME.

De werking van het programma volgt uit de bestudering van het stroomdiagram, dat gegeven is in figuur 3/8.9.1-1.
De listing zélf is gegeven in de figuren 3/8.9.1-2 tot en met 3/8.9.1-5.

De instructies op het scherm wijzen vanzelf de weg! Met *** wordt de defaultwaarde gegeven, dat wil zeggen de waarde zoals de computer die op dat moment kent.

**Invoeren van de gegevens**
Weerstandswaarden worden opgegeven in Ohm.
In principe worden de waarden van condensatoren opgegeven in Farad. Het programma geeft dit ook aan.
Vanwege het repeterende karakter van de E-reeksen kan men de waarde van condensatoren echter ook opgeven in andere eenheden. Men moet er echter rekening mee houden dat de door het programma gegeven waarden in dezelfde eenheid worden gegeven als de opgegeven waarden. Geeft men dus een waarde in micro-Farad, dan zijn de door het programma opgezochte waarden eveneens in micro-Farad.

## 8.9 Software voor de ontwerper




**Figuur 3/8.9.1-1:** Het stroomdiagram van het programma.

## 8.9 Software voor de ontwerper

```
700 REM     INITIALISATIE
710     DIM R(30),C(6),D(6),FB$(4)
720     EN$ = "(OHM)":L1 = 3:S1 = 2:ER$ = "E12":P = 10:PZ$ =" 10"
730     PR$ = "SELECTIE WEERSTANDEN EN CONDENSATOREN":PA$ = "PARAMETERKEUZE"
800     DATA 0.68,0.75,0.82,0.91,1.0,1.1,1.2,1.3,1.5,1.6,1.8,2.0,2.2,2.4,2.7
810     DATA 3.0,3.3,3.6,3.9,4.3,4.7,5.1,5.6,6.2,6.8,7.5,8.2,9.1,10.0
820     FOR I = 1 TO 29: READ R(I):NEXT I
900 REM     INVOER PARAMETERS
905     GOSUB 1000:     REM KEUZE WEERSTAND OF CONDENSATOR
910     GOSUB 1200:     REM KEUZE E-RIJ
920     GOSUB 1400:     REM KEUZE TOLERANTIE
930     GOSUB 1600:     REM INVOEREN COMPONENT WAARDE
940     GOSUB 1700:     REM BEREKENING
945     GOSUB 2000:     REM PRESENTATIE RESULTAAT
950     IF EN$ = "(OHM)" THEN GOSUB 3000: REM GEEF KLEURENCODE
970     CLS: PRINT  PR$: PRINT: PRINT
972     PRINT "PARAMETER VERANDEREN                   (1)"
974     PRINT "BEREKENDE COMPONENTEN WAARDE OPGEVEN (2)"
976     PRINT "KLEURENCODE VOOR WEERSTANDEN           (3)"
978     PRINT "EINDE PROGRAMMA                        (4)"
979     PRINT
980     INPUT "GEEF UW KEUZE (1,2,3,4) DAN ENTER) ";EI$:EI$=LEFT$(EI$,1)
982     IF EI$ = "1" GOTO 900
984     IF EI$ = "2" GOTO 930
986     IF EI$ = "4" THEN END
988     IF EI$ = "3" THEN GOSUB 4000: REM KLEURCODE VOOR WEERSTAND
990     GOTO 970
999 REM    KEUZE R OF C
1000    CLS
1020    PRINT PR$: PRINT: PRINT PA$;" (1) ": PRINT: PRINT
1030    PRINT: PRINT "MOETEN": PRINT: PRINT "     WEERSTANDEN     (1)";
1031    IF EN$ = "(OHM)" THEN PRINT " ***"
1032    IF EN$ <> "(OHM)" THEN PRINT
1034    PRINT: PRINT "OF CONDENSATOREN     (2)";
1035    IF EN$ = "(FARAD)" THEN PRINT " ***": IF EN$ <> "(FARAD)" THEN PRINT
1036    PRINT: PRINT "WORDEN GEZOCHT ?"
1038    PRINT: PRINT "GEEF KEUZE (1 OF 2) DAN ENTER";
1040    INPUT EI$: EI$ = LEFT$(EI$,1)
1060    IF EI$ <> "1" GOTO 1070
1062    EN$ = "(OHM)": GOTO 1100
1070    IF EI$ <> "2" GOTO 1100
1072    EN$ = "(FARAD)": GOTO 1100
1100    RETURN
1199 REM    KEUZE VAN DE REEKS
1200    CLS
1210    PRINT PR$: PRINT: PRINT PA$;" (2)":PRINT
1230    PRINT "UIT WELKE REEKS MOET   ": PRINT
1240    PRINT "  E6          (1)";: IF L1 = 1 THEN PRINT " ***"
1242    PRINT: IF L1 <> 1 THEN PRINT
1250    PRINT "  E12         (2)";: IF L1 = 3 THEN PRINT " ***"
1252    PRINT: IF L1 <> 3 THEN PRINT
1260    PRINT "  E24         (3)";: IF L1 = 4 THEN PRINT " ***"
1262    PRINT: IF L1 <> 4 THEN PRINT
1270    PRINT "GEKOZEN WORDEN ?"
1275    PRINT: PRINT "GEEF UW KEUZE (1,2 OF 3) DAN ENTER";
```

**Figuur 3/8.9.1-2:** Listing van het programma, deel 1.

## 8.9 Software voor de ontwerper

```
1300    INPUT EI$: EI$ = LEFT$(EI$,1)
1310    IF EI$ <> "1" GOTO 1320
1312    L1 = 1: S1 = 4: ER$ = "E6": GOTO 1350
1320    IF EI$ <> "2" GOTO 1330
1322    L1 = 3: S1 = 2: ER$ = "E12": GOTO 1350
1330    IF EI$ <> "3" GOTO 1350
1332    L1 = 4: S1 = 1: ER$ = "E24": GOTO 1350
1350    RETURN
1399 REM     TOLERANTIEKEUZE
1400    CLS
1410    PRINT PR$: PRINT: PRINT PA$;" 3": PRINT
1420    PRINT "TOLERANTIE VAN DE TER BESCHIKKING STAANDE": PRINT
1425    PRINT "COMPONENTEN ?: PRINT
1430    PRINT " +/- 0,5%        (1)";: IF P = .5 THEN PRINT " ***"
1440    PRINT: IF P <>.5 THEN PRINT
1442    PRINT " +/- 1%          (2)";: IF P = 1 THEN PRINT " ***"
1443    PRINT: IF P<> 1 THEN PRINT
1444    PRINT " +/- 2%          (3)";: IF P = 2 THEN PRINT " ***"
1445    PRINT: IF P <> 2 THEN PRINT
1446    PRINT " +/- 5%          (4)";: IF P = 5 THEN PRINT " ***"
1447    PRINT: IF P <> 5 THEN PRINT
1448    PRINT " +/- 10%         (5)";: IF P = 10 THEN PRINT " ***"
1449    PRINT: IF P <> 10 THEN PRINT
1450    PRINT " +/- 20%         (6)";: IF P = 20 THEN PRINT " ***"
1451    PRINT: IF P<> 20 THEN PRINT
1460    PRINT "(VUL 1,2, .. 5,6 IN, DAN ENTER)";
1500    INPUT EI$: EI$ = LEFT$ (EI$,1)
1510    IF EI$ <> "1" GOTO 1520
1512    P = .5: PZ$ = "O,5": GOTO 1580
1520    IF EI$ <> "2" GOTO 1530
1522    P = 1: PZ$ = " 1": GOTO 1580
1530    IF EI$ <> "3" GOTO 1540
1532    P = 2: PZ$ = " 2": GOTO 1580
1540    IF EI$ <> "4" GOTO 1550
1542    P = 5: PZ$ = " 5": GOTO 1580
1550    IF EI$ <> "5" GOTO 1560
1552    P = 10: PZ$ = " 10": GOTO 1580
1560    IF EI$ <> "6" GOTO 1580
1562    P = 20: PZ$ = " 20": GOTO 1580
1580    RETURN
1599 REM    INVOEREN COMPONENT WAARDE
1600    CLS
1610    PRINT "GEEF DE BEREKENDE WAARDE VAN DE COMPONENT ";EN$;: INPUT E
1620    IF E = 0 GOTO 1600
1630    RETURN
1698 REM BEREKENINGEN
1699 REM BEREKENING VERMENIGVULDIGINGSFAKTOR
1700    W = E
1750    M = 1
1770    IF W >= 1 GOTO 1780
1772    W = W*10: M = M/10: GOTO 1770
1780    IF W <10 GOTO 1800
1782    W = W/10: M = M*10: GOTO 1780
```

**Figuur 3/8.9.1-3:** Listing van het programma, deel 2.

## 8.9 Software voor de ontwerper

```
1800 REM    ZOEK DE WAARDE IN DE BETREFFENDE E-REEKS
1820    FOR I = L1 TO 29 STEP S1
1822    XX = R(I)*M
1824    IF XX < E THEN MK = XX: GOTO 1830
1826    IF XX = E THEN MK = XX: MG = XX: I = 29: GOTO 1830
1828    IF XX > E THEN MG = XX: I = 29: GOTO 1830
1830    NEXT I
1900 REM    BEREKENING VAN DE AFWIJKING
1910    C(1) = MK: C(2) = MG
1920    C(3) = MK + MK*P/100 :C(4) = MG + MG*P/100
1930    C(5) = MK - MK*P/100 :C(6) = MG - MG*P/100
1940    FOR I = 1 TO 6
1942    D(I) = ABS (E - C(I))
1944    P(I) = D(I)*100/E
1950    NEXT I
1980    RETURN
1999 REM   OUTPUT
2000    CLS
2020    PRINT "OPGEGEVEN WAARDE ";E;: PRINT TAB(32);: PRINT EN$: PRINT
2030    PRINT "E-REEKS ";ER$: PRINT
2040    PRINT "VOORSTEL: "
2042    PRINT C(1),C(2);: PRINT TAB(32);: PRINT EN$
2050    PRINT "AFWIJKING T.O.V. OPGEGEVEN WAARDE:"
2052    PRINT D(1),D(2);: PRINT TAB(32);: PRINT EN$
2060    PRINT P(1),P(2);: PRINT TAB(32);: PRINT "(%)": PRINT
2080    PRINT "+";PZ$;"% TOLERANTIE"
2082    PRINT C(3),C(4);: PRINT TAB(32);: PRINT EN$
2090    PRINT "AFWIJKING T.O.V OPGEGEVEN WAARDE:"
2092    PRINT D(3),D(4);: PRINT TAB(32);: PRINT EN$
2100    PRINT P(3),P(4);: PRINT TAB(32);: PRINT "(%)": PRINT
2120    PRINT "-";PZ$;"% TOLERANTIE"
2122    PRINT C(5),C(6);: PRINT TAB(32);: PRINT EN$
2130    PRINT "AFWIJKING T.O.V. OPGEGEVEN WAARDE:"
2132    PRINT D(5),D(6);: PRINT TAB(32);: PRINT EN$
2140    PRINT P(5),P(6);: PRINT TAB(32);: PRINT "(%)": PRINT
2145    INPUT "(DRUK OP ENTER) ";XY$
2150    RETURN
2999 REM    WEERGAVE KLEURENCODE
3000    CLS
3100    PRINT "KLEURENCODE": PRINT
3110    W = MK: GOSUB 5000
3125    PRINT MK;"  ";EN%;"   ";PZ$;"%": PRINT
3130    FOR I = 1 TO 4: PRINT FB$(I);: NEXT I: PRINT: PRINT
3150    W = MG: GOSUB 5000
3170    PRINT MG;"  ";EN$;"   ";PZ$;"%": PRINT
3180    FOR I = 1 TO 4: PRINT FB$(I);: NEXT I: PRINT: PRINT
3200    INPUT "(DRUK OP ENTER) ";XY$
3210    RETURN
```

**Figuur 3/8.9.1-4:** Listing van het programma, deel 3.

## 8.9 Software voor de ontwerper

```
4000 REM   KLEURENCODE VOOR ANDERE WEERSTAND
4004     EN$ = "(OHM)"
4005     GOSUB 1400: REM  KEUZE TOLERANTIE
4007     GOSUB 1600: REM OPGEVEN WAARDE
4016     CLS: PRINT E;" OHM": PRINT
4017     PRINT PZ$;"%": PRINT
4018     W = E: GOSUB 5000
4025     PRINT: PRINT G%*M;" OHM": PRINT
4030     PRINT: FOR I = 1 TO 4: PRINT FB$(I);: NEXT I: PRINT
4040     PRINT: INPUT "(DRUK OP ENTER) ";XY$:
4050     RETURN
5000 REM KLEURENCODE ROUTINE
5100     M = 1: PT = 0
5110     IF W >= 10 GOTO 5130
5120     W = W*10: M = M/10: PT = PT - 1: GOTO 5110
5130     IF W < 100 GOTO 5200
5140     W = W/10: M = M*10: PT = PT + 1: GOTO 5130
5200     G% = W: H% = INT(G%/10): K% = G% - 10*H%
5230     Q% = H%: J = 1: GOSUB 7000: REM KLEURTABEL
5250     Q% = K%: J = 2: GOSUB 7000: REM KLEURTABEL
5270     Q% = PT: J = 3: GOSUB 7000: REM KLEURTABEL
5300     J = 4: GOSUB 7200: REM TOLERANTIETABEL
5400     RETURN
7000 REM      KLEURENTABEL
7010     IF Q% = 0 THEN FB$(J) = "ZWART  ": GOTO 7150
7020     IF Q% = 1 THEN FB$(J) = "BRUIN  ": GOTO 7150
7030     IF Q% = 2 THEN FB$(J) = "ROOD   ": GOTO 7150
7040     IF Q% = 3 THEN FB$(J) = "ORANJE ": GOTO 7150
7050     IF Q% = 4 THEN FB$(J) = "GEEL   ": GOTO 7150
7060     IF Q% = 5 THEN FB$(J) = "GROEN  ": GOTO 7150
7070     IF Q% = 6 THEN FB$(J) = "BLAUW  ": GOTO 7150
7080     IF Q% = 7 THEN FB$(J) = "VIOLET ": GOTO 7150
7090     IF Q% = 8 THEN FB$(J) = "GRIJS  ": GOTO 7150
7100     IF Q% = 9 THEN FB$(J) = "WIT    ": GOTO 7150
7110     IF Q% = (-1) THEN FB$(J) = "GOUD   ": GOTO 7150
7120     IF Q% = (-2) THEN FB$(J) = "ZILVER ": GOTO 7150
7130     FB$(J) = "  ?  "
7150     RETURN
7200 REM      TOLERANTIETABEL
7210     IF P = .5 THEN FB$(J) = "GROEN  ":GOTO 7400
7220     IF P = 1 THEN FB$(J) = "BRUIN  ":GOTO 7400
7230     IF P = 2 THEN FB$(J) = "ROOD   ":GOTO 7400
7240     IF P = 5 THEN FB$(J) = "GOUD   ":GOTO 7400
7250     IF P = 10 THEN FB$(J) = "ZILVER ":GOTO 7400
7260     IF P = 20 THEN FB$(J) = "       ":GOTO 7400
7270     FB$(J) = "  ?  "
7400     RETURN
```

**Figuur 3/8.9.1-5:** Listing van het programma, deel 4.

# 3/8.9.2

# Protel-Autotrax, een printontwerp programma

## Inleiding

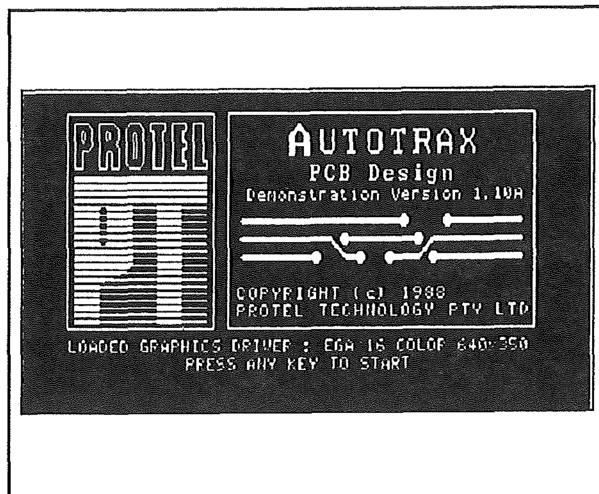
**Protel-Autotrax**
Protel-Autotrax is een nauwkeurig ontwerp gereedschap, waarmee de gebruiker snel en betrouwbaar print lay-outs kan realiseren. Het pakket automatiseert een aantal processen. De gebruiker krijgt hiermee de beschikking over een krachtig, interactief ontwerppakket, waarmee professionele printontwerp tekeningen worden gegenereerd. Het ontwerppakket maakt gebruik van pop-up menu's en muisbesturing (toetsenbord-invoer is ook mogelijk). De gebruiker kan macro's definiëren op commandoniveau, een snelle alternatief voor de pop-up menu's, die met name voor de ervaren gebruiker interessant is. Het variabele zoomvenster is bestemd voor zowel het zoomen als het automatisch pannen van de werkruimte met behulp van de cursor.

Autotrax bevat een volledige bibliotheek van "trough-hole" en SMD-componenten. De ontwerper bezit de faciliteiten om de bibliotheek uit te breiden met behulp van de tekenmogelijkheden van het pakket. De nieuw ontworpen componenten kunnen in een gebruikersbibliotheek worden ondergebracht of aan de hoofdbibliotheek worden toegevoegd. Werkt de gebruiker vanuit een netlist, dan plaatst Autotrax automatisch de componenten en zorgt voor de verbindingen, overeenkomstig de door de gebruiker gedefinieerde ontwerpregels.

De print lay-out kan ook handmatig worden gewijzigd, blokken kunnen geherdefinieerd, verplaatst, gedraaid, geflipped en gekopieerd worden, terwijl de verbindingen gehandhaafd blijven. Rubberbanding geschiedt real-time op het scherm. De gebruiker kan met de interactieve routerfaciliteiten de kritische verbindingen vastleggen, voordat de automatische router in werking wordt gesteld. Teksten, componenten, pad's en plaatsingen kunnen met een herhalingsfunctie worden gedupliceerd, inclusief meervoudige duplicatie op vooraf bepaalde bestemmingen. De gridresolutie bedraagt 0,001". Snap-on grids zijn naar keuze in te stellen. De maximale kaartgrootte is vastgelegd op 32" x 32" met zes signaallagen, plus voeding- en massalaag. Netlist importeert files van Protel-Schematic, Tango Schematic, OrCAD en Schema en de in Autotrax aangemaakte bestanden kunnen eveneens weer worden omgezet in onder meer Protel-PCB, Protel-Easytrax- en Tango-PCB files.

**Systeemeisen**
Bruikbaar zijn PC/XT/AT en compatibele machines. Een personal computer met

een vaste schijfeenheid heeft de voorkeur. Daarnaast is een grafische video-adapter van belang. Dit mag zijn een CGA, EGA, Hercules, VGA of Vega Deluxe. Het Protel-Autotrax programma kan .PCB-bestanden van maximaal 180 kB in een intern geheugen van 640 kB laden. Om grotere bestanden in te lezen is een expanded memory vereist.
Bedenk wel dat u een expanded memory kaart in plaats van een extended memory kaart nodig heeft indien u een geheugenuitbreidingskaart wilt aansluiten. Deze kaart dient aan de LIM-specificaties te voldoen.




Figuur 3/8.9.2-1: Het openingsscherm van Protel-Autotrax.

**Installatie van de software op een harde schijf**

Maak om te beginnen kopieën van de Protel-Autotrax diskettes en berg de originelen op een veilige plaats op.
Werkt u vanaf een harde schijf, maak dan een subdirectory aan met de naam \Protel en kopieer de Protel-Autotrax systeembestanden naar deze subdirectory. Creëer een andere directory met de naam \PCB teneinde de .PCB-bestanden van de Protel-Autotrax systeembestanden te kunnen scheiden.
Deze werkwijze vereenvoudigt het maken van backups.
Hierna kunnen alle diskettes worden gekopieerd naar de desbetreffende directories.
Uw harde schijf bevat nu alle programma's en bestanden.
Vervolgens wordt een grafisch stuurprogramma geselecteerd voor de grafische videokaart in uw computer. Zodra het Protel-Autotrax programma is geladen zoekt het automatisch naar het GRAPH.DRV-bestand, waarin de noodzakelijke informatie staat om de monitor goed aan te kunnen sturen.

**Starten van Protel Autotrax**

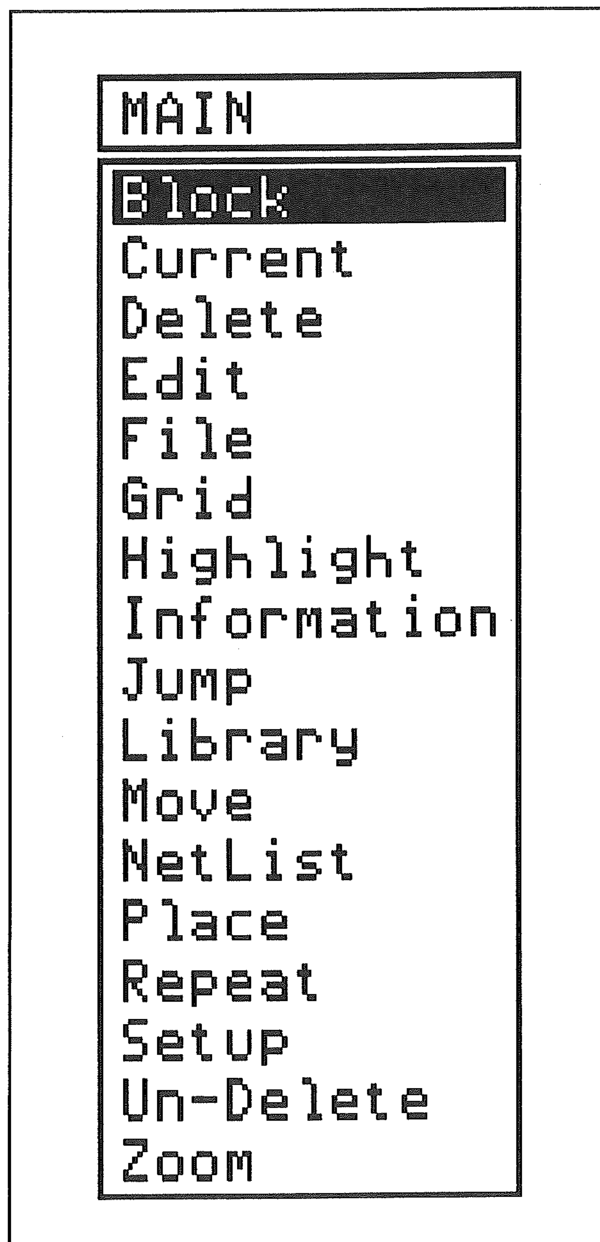
Bij gebruik van een harde schijfeenheid kunt u de programma's vanuit een willekeurige directory draaien. Het is echter verstandig om de /PCB-directory als de werkdirectory aan te houden. Het programma wordt dan gestart met het commando **TRAXEDIT**. Bij gebruik van diskettestations moet "Program Disk A" worden vervangen door de "Library Disk".

**Gebruik van de menu's**

Nadat het programma is geïnstalleerd en gestart, wordt een algemeen scherm weergegeven op het beeldscherm (figuur 3/8.9.2-1).

Door nu ENTER in te drukken of met de linker muisknop te klikken wordt het **MAIN MENU** aangeroepen (figuur 3/8.9.2-2). Eén van de menu-opties wordt diapositief weergegeven. Deze markering, ook wel de cursorbalk genoemd, kan met de muis of met de PIJL OP- en de PIJL NEER-toetsen naar een andere optie worden verplaatst. Een gemarkeerde optie kan worden geacti-

veerd of geselecteerd door met de linker muisknop te klikken of de ENTER-toets in te drukken. Een menu-optie kan ook worden gekozen door de beginletter van de menu-optie in te toetsen. Om het programma bijvoorbeeld op dit punt te verlaten kiest u de **File**-optie uit het MAIN MENU gevolgd door de **Quit**-optie uit het submenu. Het programma opent een venster met het verzoek om de operatie te bevestigen. Kies **Yes** om het programma te verlaten of **No** om door te gaan.

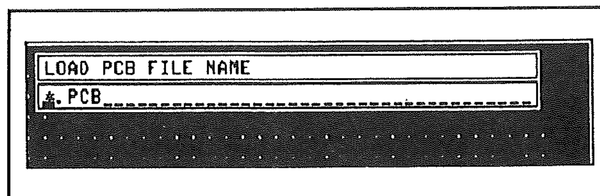



**Figuur 3/8.9.2-2:** Het hoofdmenu van Protel-Autotrax.

# Lay-out van een printplaat

**Inleiding**
Dit subhoofdstuk behandelt een aantal belangrijke aspecten op het gebied van de componentenopstelling, het gebruik van de bibliotheek, het leggen van de banen en het gebruik van de krachtige router. Een en ander wordt toegelicht aan de hand van de stappen die nodig zijn om een RS-232 interfacekaart te ontwerpen. Aangezien binnen de context van dit artikel onvoldoende ruimte is om de lay-out van de volledige kaart te beschrijven, wordt ter illustratie een DB25-connector, een DIP16-chip, drie by-pass condensatoren en een weerstand geplaatst.

**Aan de slag**
Eerst moet de getoonde print worden leeggemaakt, bijvoorbeeld door het Protel-Autotrax programma opnieuw te starten of voor de optie **File Clear Yes** te kiezen.
Wanneer u het programma opnieuw start, drukt u na de prompt **LOADPCB FILE NAME** (figuur 3/8.9.2-3) gewoon de ESC-toets in of klikt u met de rechter muisknop.




**Figuur 3/8.9.2-3:** Het laden van een filenaam.

**Het opstellen van de componenten**
Kies voor **Place Component**, waarna een invoervenster - via de boodschap **NAME IN LIBRARY** - verzoekt om de naam van een component uit de bibliotheek in te voeren. Het vraagteken op de invoerregel betekent dat er een informatievenster beschikbaar is met een overzicht van de componenten in de bibliotheek. Het indrukken van ENTER levert de informatielijst op. In het andere geval kan de naam van het component worden ingetoetst.
Wij verplaatsen nu de cursorbalk naar component DB25 en bevestigen dit door ENTER in te drukken. Aansluitend wordt een venster geopend en krijgt u het verzoek een componentaanduiding in te voeren. Het vraagteken in het venster betekent dat het programma automatisch een aanduiding toewijst (A1, A2, enzovoorts) wanneer ENTER is ingedrukt.

Een componentaanduiding bestaat meestal uit een letter zoals U, J, C of R gevolgd door één of twee cijfers. Connectoren krijgen vaak aanduidingen die met J beginnen, dus wordt nu **J1** ingevoerd. Vervolgens kan een korte opmerking worden toegevoegd, die op de componentenoverlay zal verschijnen. Nu bijvoorbeeld **DB25**, waarna de omtrek van het component zichtbaar wordt. Onderaan het scherm verschijnt de boodschap **MOVING COMPONENT**. Dit betekent dat u de positie van het component kunt wijzigen.
De chip moet vlakbij de J1-connector worden opgesteld. In dit stadium werkt u nog steeds met **Place Component**. Het vraagteken opent wederom het informatievenster, waarna voor component DIP16 wordt gekozen. Dit wordt afgesloten met de aanduiding **U1** en de opmerking **DIP16**.

Nu wordt het tijd voor de drie condensatoren. Het component dat u daarvoor nodig heeft wordt **RAD0.2** genoemd. Start weer met de invoer van het vraagteken. Met de PGDN-toets kunnen de volgende schermen met namen worden opgeroepen. Kies RAD0.2 en voer de aanduiding **C1** en de opmerking **22 uF** in. Druk de spatiebalk in om het component met 90 graden te draaien, waarna het component wordt geplaatst.
Het invoervenster bevat nog steeds de naam RAD0.2 zodat u alleen ENTER hoeft in te drukken om deze naam voor de tweede condensator te kiezen. De aanduiding wordt automatisch C2 en de opmerking blijft 22 uF. Roteer de tweede condensator en plaats deze aan de andere kant van de DIP16-chip.
Kies RAD0.2 voor de derde keer, roteer het component en verplaats het naar de gewenste positie.
Verplaats de cursor nu naar een positie net boven C3 en kies component AXIAL0.3 (figuur 3/8.9.2-4)). Wijs het de aanduiding **R1** en de opmerking **3.3K** toe. Druk ten slotte ESC in of klik met de rechter muisknop om de Place Component-optie te verlaten. Zo langzamerhand zal het scherm een rommelige aanblik bieden, druk de END-toets in om het scherm te herschrijven.

**Het leggen van banen**
Het is bijna zover dat u de banen kunt leggen. Eerst moet u echter de pennummers van de componenten identificeren door middel van de **Jump Pad**-optie. Zoek met behulp van deze optie pen 1 op J1, U1, R1 en C1 op. Aan de hand van deze informatie kunt u de nummers van nagenoeg alle andere pennen vaststellen.
De volgende tabel demonstreert welke pennen moeten worden verbonden:

**8.9 Software voor de ontwerper**

- U1-1 naar C1-2
- U1-3 naar C1-1
- U1-16 naar C3-1
- U1-12 naar J1-2
- U1-11 naar J1-3
- U1-10 naar J1-5
- U1-9 naar J1-4
- U1-5 naar C2-1
- U1-4 naar C2-2
- U1-2 naar C3-2 naar R1-2
- J1-20 naar R1-1

De eerste specificatie in de tabel geeft aan dat u pen 1 op component U1 met pen 2 op component C1 moet verbinden enzovoorts.
Deze informatie is belangrijk voor toekomstige operaties, daar dit de basis is van de zogenoemde **netlijst**.
Een netlijst is een lijst van alle verbindingen op de kaart en wordt gebruikt om de verbindingen automatisch tot stand te laten brengen door de **Netlijst Route**-optie. Elk groep verbindingen in een netlijst (bijvoorbeeld U1-1 met C1-2) wordt een **net** genoemd.

| COMPONENTS IN LIBRARY | | |
|---|---|---|
| AXIAL0.3 | AXIAL0.4 | AXIAL0.5 |
| AXIAL0.6 | AXIAL0.7 | AXIAL0.8 |
| AXIAL0.9 | AXIAL1.0 | BNC |
| DB9/F | DB9/M | DB9RA/F |
| DB9RA/M | DB15/F | DB15/M |
| DB15RA/F | DB15RA/M | DB25/F |
| DB25/M | DB25RA/F | DB25RA/M |
| DB37/F | DB37/M | DB37RA/F |
| DB37RA/M | DB50/F | DB50/M |
| DB50RA/F | DB50RA/M | DIN96 |
| DIN96RA | DIODE0.4 | DIODE0.7 |
| DIP6 | DIP8 | DIP14 |
| DIP16 | DIP18 | DIP20 |
| DIP22 | DIP24 | DIP28 |
| DIP40 | DIP64 | FLY4 |
| FUSE | HEPTA | IDC10 |

**Figuur 3/8.9.2-4:** Het overzicht van alle componenten die in de bibliotheek aanwezig zijn.

Met de optie **File Save** wordt het bestand tussentijds weggeschreven, nadat een bestandsnaam is ingevoerd. Nu worden eerst de "pads" (soldeerpunten) met de hand verbonden. Gebruik daarvoor de *-toets om van de componentenzijde (de voorkant) naar de soldeerzijde (de achterkant) over te schakelen. De boodschap op de statusregel verandert van **L:Top Layer** in **L:Bottom Layer**. Een verbinding wordt gelegd door de optie **Place Track** te kiezen. Onderaan het scherm verschijnt **SELECT TRACK START POINT**. Verplaats vervolgens de cursor naar pen 1 op U1 (een rechthoekige pad) om deze met pen 2 op C1 te verbinden. Met ENTER wordt deze handeling bevestigd. Nu verschijnt de boodschap **PLACE TRACK**. Verplaats de cursor nu naar C1 in een horizontale lijn. Wanneer de lijn zich halverwege C1 bevindt drukt u ENTER in. Druk * in om naar de componentenzijde over te schakelen en verplaats de cursor nu vertikaal totdat deze zich op één lijn met pen 2 op C1 bevindt. Druk ENTER in, druk vervolgens * in om naar de soldeerzijde over te schakelen. Verplaats de cursor naar pen 2 en druk nogmaals ENTER in. De verbinding loopt nu van U1-1 naar C1-2. Het laatste gedeelte van de verbinding is op de soldeerzijde aangebracht en werd een via (omleiding) gebruikt om van laag te verwisselen. Nu wordt de **Place Track**-optie verlaten.

### Het gebruik van de router

Het leggen van banen met de hand is een tijdrovend en omslachtig proces, vooral wanneer constant van zijde moet worden verwisseld. Eén van de voordelen van deze methode is echter dat u een volledige controle over de plaatsing van de banen heeft. Het Protel-Autotrax programma beschikt echter over een ingebouwde op-

tie die automatisch banen kan leggen. Dit proces staat in de industrie bekend als **routing**. De router kan twee pads die u aanwijst met elkaar verbinden. Bovendien kan de router een aantal of alle verbindingen op de kaart tot stand brengen aan de hand van een netlijst. Deze krachtige functie van het Protel-Autotrax programma wordt later in dit hoofdstuk verder toegelicht. De router een baan laten leggen gebeurt via de **Netlist Route Pad to Pad**-optie hetgeen de volgende boodschap oplevert: **ROUTE: SELECT FIRST PAD**.
Aangezien U1-3 met C1-1 moet worden verbonden, verplaatst u de cursor naar pen 1 op C1 (ENTER). De boodschap verandert in: **ROUTE: SELECT SECOND PAD**. Verplaats de cursor naar pen 3 op U1 (ENTER). De router neemt het verder over en bepaalt een route voor de banen.
Om een route automatisch tot stand te laten brengen is een netlijst vereist die informatie bevat over alle gewenste verbindingen.
Dit gebeurt via **Highlight Make Netlist**. Het programma wenst nu een naam voor de netlijst (**NET232**), waarna het programma de kaart aftast en alle verbindingen in het netlijst-bestand opslaat. Dit bestand wordt gebruikt voor de automatische routing.

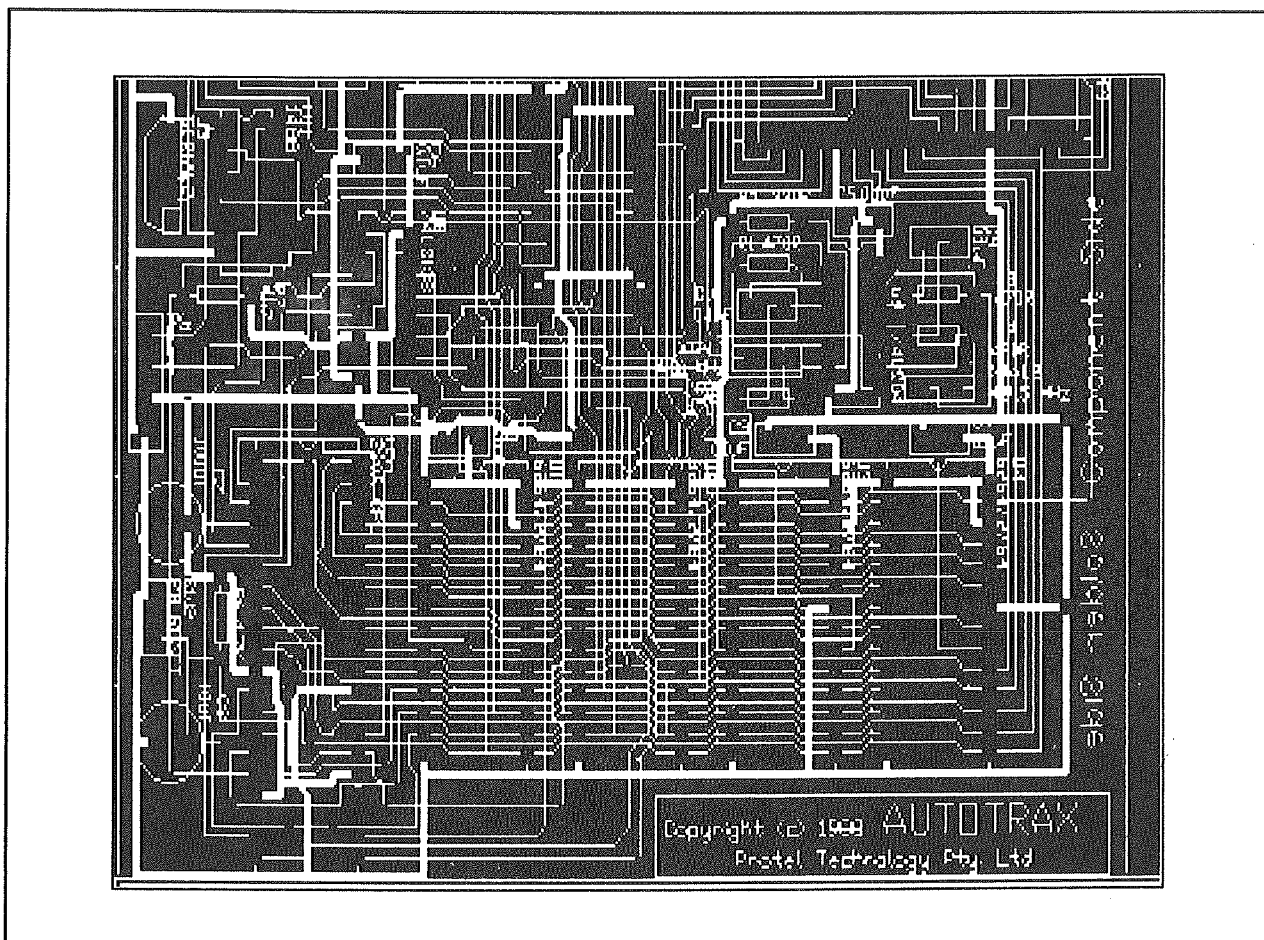
Ter illustratie wordt het bestand nu onder een andere naam opgeslagen en wordt de originele ongerouteerde kaart opgeroepen.
Kies optie **Netlist Get Nets**, waarna het programma verzoekt om de naam van een netlijstbestand in te voeren (**NET232**). De netlijst wordt geladen en geoptimaliseerd, waarna het **Netlist**-menu verschijnt. In dit stadium bevindt de netlijst zich in het computergeheugen en is beschikbaar voor het routingproces. U kunt een visuele feedback van de netlijst verkrijgen door de **Show All Nets**-optie te kiezen. U ziet dan een aantal dunne witte lijnen die de te maken verbindingen voorstellen (figuur 3/8.9.2-5).

Een dergelijke groep verbindingen wordt een **ratsnest** genoemd en vertegenwoordigt in wezen de informatie die wordt gebruikt om de banen automatisch te leggen.

Het is mogelijk om een component te verplaatsen en het effect van deze verplaatsing op het ratsnest te beoordelen. Op deze manier kunt u een component uit een opeengepakt gebied naar een positie verplaatsen waar het routeren eenvoudiger zal zijn, een optie die met name bij grote en complexe printen van belang is.

Hiervoor wordt gebruik gemaakt van **Move Component**. Neem de DIP16-chip en verplaats deze en alle verbindingen in het ratsnest bewegen mee tijdens deze verplaatsing.
Na de keuze **Route Board**, wordt de routing nu automatisch uitgevoerd volgens de informatie in de netlijst. De statusregel informatie over het type verbinding dat wordt uitgevoerd.

**Spanning- en massaverbindingen**
De laatste verbindingen die gemaakt worden zijn die, die op de de spanningvoerende laag en de massa laag worden aangesloten, zoals pen 7 op de DB25-connector en pen 15 op de DIP16-chip.
Kies **Edit Pad** en selecteer pen 7 op de DB25, waarna een venster zal openen met informatie over het pad.




**Figuur 3/8.9.2-5:** Dunne lijnen geven de te maken verbindingen weer.

Het venster bevat een optie die de spanning- en massa-status toont.
Wanneer u deze optie selecteert presenteert een volgend venster de mogelijke verbindingen.
Kies **Relief to Ground Plane** en selecteer pen 15 op de DIP16.
Dezelfde verbinding wordt gemaakt en vervolgens wordt pen 16 op de DIP16 gekozen en verbonden met de spanning door de **Relief to Power Plane**-optie te kiezen. De componenten zijn nu opgesteld en het werkstuk kan worden opgeslagen.

# Ontwerp van nieuwe componenten

**Inleiding**
Dit subhoofdstuk beschrijft hoe u uw eigen componenten kunt ontwerpen en hoe u deze patronen in de bibliotheek kunt opslaan voor toekomstig gebruik. Gezien de uitgebreide componentenbibliotheek van Protel-Autotrax zal die behoefte niet snel aanwezig zijn. Desondanks is het een zeer krachtige optie, die

wel de nodige aandacht vergt, omdat het niet in alle printpakketten voorkomt. Vaak kunnen veel componenten worden ontworpen door bestaande bibliotheekmodellen te veranderen via de **Library Explode**-optie.

**Aan de slag**

Als voorbeeld wordt een eenvoudig DIP16-patroon gecreeerd. Het DIP16-patroon wordt opgebouwd op een 25 mil raster met baan segmenten van 800 mil, 75 mil of 50 mil (1 mil is éénduizendste inch). De straal van de boog die de inkeping in de chip vormt, bedraagt 25 mil en de pads worden op 100 mil van elkaar geplaatst (gemeten van middelpunt tot middelpunt). Kies de **Grid Snap Grid**-optie en zorg dat het rasterformaat 25 mil bedraagt. Dit betekent dat de cursor zich in stappen van 25 mil zal verplaatsen. Het is de bedoeling dat twee padtypen voor dit patroon worden gedefinieerd. Pen 1 is een rechthoekig pad met zijden van 56 mil. De overigen zijn rond met een diameter van 56 mil. Beide typen moeten worden gedefinieerd omdat deze niet standaard beschikbaar zijn. Gekozen wordt voor de **Setup Pads New**-optie en na de boodschap **PAD TYPE NAME**, wordt **SQUARE56** ingevoerd. Vervolgens ziet u het **EDIT PAD TYPE** menu, waaruit u **Shape** gevolgd door **Rectangular** kiest.
Selecteer de **X-Size** en verander deze in 56 mil. Kies dan de **Y-Size** en verander deze eveneens in 56 mil. De standaard boorgatmaat van 30 mil is voldoende, waarna deze optie wordt verlaten, het rechthoekige pad is gedefinieerd.
Herhaal de procedure en definieer een pad met de naam **ROUND56**. Deze is cirkelvormig met een diameter van 56 mil en een gatgrootte van 30 mil. Vervolgens dient u te zorgen dat het cirkelvormige pad ROUND56 het huidige geselecteerde pad is en de baanbreedte 12 mil bedraagt. Kies **Current Pad Type** en selecteer ROUND56.
Controleer nog even of de breedte van de banen 12 mil bedraagt. U bent nu op het punt beland dat het component kan worden gedefinieerd.

**Leggen van de banen**

De banen voor dit component zullen op de componentenoverlay worden geplaatst. U roept deze laag aan door **Current Layer Top Overlay** te kiezen of de "+"- of "_"-toets op het numerieke toetsenbord in te drukken totdat de componentenoverlay de huidige laag is.
De banen die het binnenwerk van het component zullen vormen kunnen nu worden geplaatst. Dit gebeurt met het verplaatsen van de cursor en de keuze **Place Track**. Zorg dat de cursor zich op de goede positie bevindt en druk ENTER in op **SELECT TRACK START POINT**. Op deze wijze wordt de hele omtrek gevormd. Een opening voor de inkeping moet nog worden overgelaten. Druk ESC één keer in en verplaats de cursor naar het gewenste punt en teken de inkeping. Druk ESC twee keer in om het leggen van de banen af te ronden.

**Positioneren van pads en het gebruik van Repeat**

Om de pads te positioneren kiest u **Place Pad**. Onderaan het scherm verschijnt nu de boodschap **PLACE PAD**. De cursor wordt weer verplaatst en na ENTER verschijnt op de printplaat een pad. De vorm hiervan wordt bepaald door de vorm van het huidige padtype dat met **Current Pad Type** is geselecteerd. Vervolgens wordt u verzocht een ander pad in te voeren. Nu wordt echter de **Place Pad**-routine verla-

ten, ondanks dat meerdere pads moeten worden aangebracht. We kunnen echter tijd winnen door het **Repeat**-commando te gebruiken.
Elke keer dat een item op de kaart wordt opgesteld, wordt de informatie over de positionering zodanig opgeslagen dat de operatie kan worden herhaald. Het venster bevat de informatie die het programma nodig heeft om de bewerking te herhalen.
Nog zeven cirkelvormige pads moeten worden aangebracht, waarvoor de **Count Default** in 7 wordt gewijzigd. Kies nu **Execute Repeat Yes** en het programma plaatst zeven pads! Uw vorige **Place Pad**-instructie is zeven keer herhaald en de onderlinge afstand is 100 mil. Op deze wijze kunnen alle andere pads worden aangebracht.

**Positioneren van een boog**
Het aanbrengen van de inkeping aan de bovenkant van de chip gebeurt met **Place Arc**. Verander de straal in 25 mil. Met de PIJL RECHTS-toets wordt de straal vergroot en met de PIJL LINKS-toets verkleind. Na het indrukken van ENTER verschijnt op de promptregel de boodschap **SELECT ARC SEGMENTS**. Alleen de onderste helft van de cirkel moet verschijnen dus drukt u de PIJL OP-toets in en daarna de PIJL LINKS-toets om de bovenste cirkelhelft te laten verdwijnen. ENTER bevestigt de keuze. Zo maakt u dus een inkeping!

Voordat het component aan de bibliotheek kan worden toegevoegd, moeten de pennummers of aanduidingen nog worden toegewezen. De rechthoekige pen is pen 1, de pen onder pen 1 wordt pen 2, enzovoorts. De pen in de hoek rechtsboven wordt pen 16. Kies **Edit Pad** en selecteer het rechthoekige pad. Kies vervolgens **Designator** en wijs een waarde van 1 toe. Selecteer achtereenvolgens de resterende pads en wijs deze een aanduiding toe.

**Toevoegen van een component aan de bibliotheek**
Ten eerste moet het nieuwe component als een blok worden gedefinieerd met de **Block Define**-optie. Zodra u deze optie heeft geselecteerd, verschijnt de boodschap **SELECT FIRST CORNER** onderaan het scherm. Verplaats de cursor naar het gewenste punt, waarna de boodschap verandert in **SELECT SECOND CORNER**. Verplaats de cursor weer en bevestig dit met ENTER.
Als het goed is, wordt het component nu diapositief weergegeven. Dit betekent dat het als een blok is gedefinieerd. De promptregel toont vervolgens de boodschap **SELECT REFERENCE POINT**. Het referentiepunt is het punt op het component dat tijdens een toekomstige **Place Component**-actie op de positie van de cursor zal worden geplaatst. Neem het middelpunt van het rechthoekige pad (dus pen 1) als het referentiepunt.

Aangezien het weinig zin heeft om dit component aan de standaardbibliotheek toe te voegen, kunt u een nieuwe bibliotheek opzetten waarin het component wordt opgeslagen. Kies **Library New Library** en voer de naam NEW in voor de bibliotheek. Kies vervolgens **Library File** en selecteer NEW als de huidige bibliotheek. Controleer door middel van de **Information Status**-optie of dit inderdaad het geval is.
Kies **Library Add** en voer na de prompt een naam in voor het nieuwe component. Sluit deze invoer af door ENTER in te

drukken en met de keuze **Yes** wordt het component aan de bibliotheek toegevoegd. Ter controle kan met **Library List** worden gekeken of het component in de bibliotheek is opgenomen. Dit houdt in dat het evenals de componenten uit de standaardbibliotheek op de printplaat kan worden opgesteld.

# De regel-editor

### Inleiding

Het Protel-Autotrax pakket bevat een eenvoudige doch doeltreffende regel-editor, die in alle invoervensters beschikbaar is. De regel-editor kan worden gebruikt om tekst te wijzigen en tikfouten te corrigeren tijdens het invoeren van gegevens in een invoervenster.

### Het invoervenster

De invoerregel in een geopend invoervenster kan reeds enige informatie bevatten. Dit kan een default (standaard) specificatie zijn, zoals *.PCB of DIP40 of een vraagteken. Na ENTER wordt een keuzevenster geopend. Een dergelijk venster bevat een aantal namen, waaruit u een keuze kunt maken door de cursorbalk naar de betreffende naam te verplaatsen en vervolgens ENTER in te drukken.
Wanneer een venster voor de eerste keer opent, staat de cursor aan de linkerkant van de invoerregel. Het keuzevenster kan worden overgeslagen door direct een bestandsnaam of de naam van een component in te voeren. Tekst die reeds in het venster aanwezig is, zal in dat geval verdwijnen. Het kan uiteraard gebeuren dat u een tikfout maakt in een bestandsnaam of in een componentaanduiding of gewoon een kleine verandering in een standaardspecificatie in het venster wilt aanbrengen. Op zulke momenten brengt de regel-editor uitkomst. Kies **File** uit het MAIN MENU, gevolgd door de **Load**-optie. Het geopende invoervenster bevat links de standaardspecificatie *.PCB; onder de asterisk staat de knipperende cursor.

### Wijzigen van een regel

Het wijzigen van een regel vergt geen verdere uitleg, omdat dit op vrijwel dezelfde wijze gebeurt als in een tekstverwerker, namelijk met de **DEL**-toets. Dit is gebaseerd op het bekende WORDSTAR-tekstverwerkerspakket.

# Toetsmacro's

### Inleiding

Hiermee kan men veel voorkomende toetsaanslagen onder één toets of een naam onderbrengen. U zult merken, dat het gebruik van macro's de snelheid van routinewerkzaamheden verhoogt.

### Definiëren van een macro

De definitie van een macro kan het beste aan de hand van een voorbeeld worden toegelicht. Tijdens het opbouwen van een printplaat moet u zo nu en dan van de componentenzijde naar de soldeerzijde en vice versa overschakelen. Dit kunt u bijvoorbeeld doen door middel van de **Current**-optie uit het MAIN MENU, gevolgd door de **Layer Bottom Layer**-optie. Indien u deze opties via toetsaanslagen activeert, zou u **C L B** intoetsen. Om voornoemde toetsaanslagen aan een macro toe te wijzen kiest u **Setup Keys**, waarna het **Keys**-menu zal verschijnen. Kies **New** om een nieuwe macro te definiëren. Het

programma opent een venster en verzoekt u een naam voor de macro in te voeren. De naam kan uit maximaal tien karakters bestaan. In dit geval toetst u bijvoorbeeld **BOTTOM** in. Vervolgens vraagt het programma aan welke toets de macro wordt toegewezen. Het programma suggereert de naam van de eerste beschikbare macrotoets, zoals F1. Men kan ook één van de andere functietoetsen invoeren. De functietoetsen kunnen ook in combinatie met de SHIFT- en ALT-toetsen worden gebruikt. Onder voorbehoud dat de macrotoets beschikbaar is, presenteert het programma een venster waarin u de gewenste toetsaanslagen kunt invoeren. Toets in **C L B** en druk de ENTER-toets in of klik met de linker muisknop. Onthoud goed dat de letters **C L B** de menu-selecties **Current Layer Bottom** vertegenwoordigen. Druk de ESC-toets tweemaal in om de macrodefinitie te beëindigen. Zorg dat de componentenzijde actief is door de **Current Top Layer**-optie te kiezen. Om de macro uit te voeren wordt de CTRL-toets ingedrukt terwijl functietoets F1 wordt ingedrukt. De soldeerzijde wordt nu geselecteerd.

**Geneste macro's**
Een krachtige eigenschap van macro's is het feit dat de ene macro een andere macro kan aanroepen. Dit wordt ook wel het **nesten** van macro's genoemd. Bij wijze van voorbeeld wordt een pen-array gemaakt, die uit vier rijen pads bestaat met vijf pads per rij. **Setup Keys New** wordt gekozen en de naam **Line** ingevoerd. Daarna verzoekt het programma u de naam van de functietoets in te voeren. Overschrijf de defaultwaarde door CTRL-F3 in te toetsen gevolgd door ENTER. Voer in het macrovenster vijf keer CTRL+F2 in. Dit levert een rij van vijf pads op. Druk vervolgens de PIJL NEER-toets tweemaal in en de PIJL LINKS-toets tien keer om de cursor naar de positie onder de eerste pad terug te sturen. Beëindig deze macrodefinitie door ENTER in te drukken. Definieer een andere macro onder de naam **Array**. Wijs deze definitie aan CTRL-F4 toe. Druk vervolgens CTRL-F3 vier keer in. Beëindig de definitie door ENTER in te drukken of met de linker muisknop te klikken. Druk ESC tweemaal in om naar de printplaat terug te keren. Zoek een leeg veld op de kaart op en druk CTRL-F4 in. De rijen pads verschijnen nu automatisch op het scherm.

# Het Trax-Plot programma

**Inleiding**
Dit subhoofdstuk demonstreert hoe u een print en plot van de ontworpen print kunt produceren. De veelzijdige uitvoerroutines van Protel-Autotrax ondersteunen uitvoer naar tekenprinters, plotters, fotoplotters en bestanden op schijf.

**Laden van het programma**
Om het Trax-Plot programma te starten toetst u vanaf de DOS-systeemprompt in **TRAXPLOT** gevolgd door ENTER. Het MAIN PLOT MENU wordt aan de linkerkant van het scherm weergegeven en onderaan het scherm verschijnt een statusvenster. Kies **File Load** en voer de bestandsnaam in. Vervolgens opent het programma een informatievenster met informatie over het aantal pads, banen, componenten, enzovoorts, dat wordt geladen. Bovendien verschijnt het percentage van de printplaat waarop de analyse van toepassing is. Wanneer het bestand is geladen wordt het statusvenster bijge-

werkt en verschijnen de naam van het .PCB-bestand, de afmetingen van de kaart, de hoeveelheid beschikbare geheugenruimte alsmede de padnaam van de directory. Het **File**-menu is nog actief. Druk ESC in of klik met de rechter muisknop om naar het MAIN PLOT MENU terug te keren.

**Printen**
Kies nu **Options Type of Plot** gevolgd door **Check Plot** uit het **Select Plot Type**-venster. Zorg dat de opties voor rand (border), pads en strings aan (on) zijn. Druk ESC in om dit menu te verlaten. Stel dat u een HP Laser Jet II printer op de seriële poort van uw computer heeft aangesloten. Kies **Setup Printer**. Zorg dat **Type** op HP Laser Jet II is ingesteld. Kies **Device**, hierop genereert het programma een aantal opties met betrekking tot de poort waarop de printer is aangesloten. Controleer of de overige opties van toepassing zijn en verander deze zonodig. Druk ten slotte ESC tweemaal in of klik tweemaal met de rechter muisknop om naar het MAIN PLOT MENU terug te keren. Zorg dat de printer op de geselecteerde poort is aangesloten en online is. Kies vervolgens **Print** waarna de print van uw printplaat zal verschijnen.

**Plotten**
Nu kunt u een controle-plot produceren door middel van een plotter. Kies **Options Type of Plot** gevolgd door **Check Plot** uit het **Select Plot Type**-venster. Zorg dat de opties voor rand, pads en strings aan (on) zijn. Verlaat het menu door ESC in te drukken of met de rechter muisknop te klikken. Bij wijze van voorbeeld gaan we ervan uit dat u een DMPL-plotter op de seriële poort van uw computer heeft aangesloten. Kies **Setup Plotter** en zorg dat **Type** op DMPL is ingesteld. Na de keuze **Device** genereert het programma een aantal opties met betrekking tot de poort waarop de plotter is aangesloten. Controleer of de opties van toepassing zijn en verander deze zonodig. Druk ESC tweemaal in om naar het MAIN PLOT MENU terug te keren.
Indien u nu **Information** kiest, zal een venster worden geopend dat informatie levert over het type plot, de schaalverhouding en de afmetingen van de printplaat. U kunt echter geen veranderingen in dit venster aanbrengen, het dient puur ter informatie. Wanneer u de opties naar tevredenheid heeft ingesteld, kiest u **Plot** uit het MAIN PLOT MENU waarna de controleplot uit de plotter zal rollen.

# Manipuleren van blokken

**Inleiding**
Tijdens het ontwerpen van een printplaat zal het vaak voorkomen dat u een blok met componenten moet manipuleren. Hierbij valt te denken aan het kopiëren en verplaatsen van een componentenblok of het overbrengen van een blok van de ene printplaat naar een andere. Blokken kunnen snel en efficiënt worden gemanipuleerd door middel van de opties uit het **Block**-menu. U kunt een blok definiëren, kopiëren, verplaatsen, verbergen, laden, opslaan en verwijderen. Deze manipulaties kunnen u veel tijd besparen.

**Definiëren van een blok**
Voordat u blokbewerkingen zoals verplaatsen, kopiëren en verwijderen kunt uitvoeren, moet het blok worden gedefinieerd. Dit wordt gedaan via de keuze **Define**-optie uit het **Block**-menu. Na toe-

wijzing wordt het blok diapositief weergegeven en verschijnt de boodschap: **SELECT REFERENCE POINT**. Het referentiepunt is een willekeurig gekozen punt en wordt gebruikt bij het verplaatsen en positioneren van het blok. Wanneer u een blok verplaatst of kopieert beweegt het referentiepunt mee met de cursor.

**Verbergen van een blok**
Gebruik de **Block Hide**-optie indien u een blok wilt opheffen zonder een nieuw blok te definiëren. Zodra u **Hide** heeft gekozen wordt het geselecteerde blok niet meer diapositief weergegeven en is het blok opgeheven.

**Verplaatsen van een blok**
Zodra u een blok heeft gedefinieerd met **Block Define** kunt u dit naar een andere positie op de printplaat verplaatsen. Kies hiervoor **Block Move** waarna de **PLACE BLOCK** boodschap verschijnt. Nu kan de nieuwe positie voor het blok worden gespecificeerd. De cursorpositie bepaalt de positie van het referentiepunt! Kies **Current Layer Only** indien u de banen op de huidige laag wilt verslepen. Deze optie verplaatst geen pads of via's omdat deze items tot elke laag behoren. Om de operatie op alle banen uit te voeren kiest u **All Layers**. Druk ENTER in om het blok te positioneren en te verplaatsen. Dit kan eventjes duren omdat de banen worden gesorteerd en naar de nieuwe positie worden gesleept. Maak u niet bezorgd als de banen een rommelige aanblik vertonen, dit kan later worden bijgesteld.
Valt het middelpunt van een pad of van een boog binnen een blok, wordt deze verplaatst. Een kopergebied moet volledig binnen het blok vallen. Een koperbaan die zich geheel binnen het blok bevindt, wordt tezamen met het blok verplaatst. Indien slechts één uiteinde van een baan binnen het blok valt, wordt de baan uitgerekt om de verbinding te handhaven. Voordat een **Move**-operatie wordt uitgevoerd controleert het programma de begrenzingen van de bestaande printplaat.

**Kopiëren van een blok**
De **Copy**-optie is identiek aan de **Move**-optie, op één belangrijk verschil na. Tijdens het kopiëren van een blok wordt van elk component een kopie gemaakt en worden de originele componenten gehandhaafd. Het programma wijst als componentaanduiding de eerstvolgende beschikbare waarde toe zodat de nieuwe aanduiding altijd uniek is. Bevat de printplaat reeds de aanduidingen U1 tot en met U6, dan krijgt de kopie de aanduiding U7. Onthoud dat tijdens het kopiëren van een blok een bestaand gedeelte van een printplaat kan worden overschreven. Wanneer u een blok kopieert, wordt het nieuwe blok gemarkeerd en geldt vanaf dat moment als het gedefinieerde blok.

**Verwijderen van een blok**
Een blok kan alleen worden verwijderd indien dit gedefinieerd is. Zodra de definitie een feit is, kunnen alle items in het blok óf buiten het blok worden verwijderd. Kies **Block Inside Delete** om alle items in het blok te verwijderen. Kies **Block Outside Delete** om alle items buiten het blok te verwijderen. Wees voorzichtig met deze commando's. Maak in ieder geval een kopie van het bestand voordat deze commando's worden gegeven.

**Inlezen van een blok**
Aangezien bepaalde blokken regelmatig op printplaten zullen worden gebruikt, kan een aantal componentenopstellingen

in afzonderlijke .PCB-bestanden worden opgeslagen en deze zonodig in de actieve printplaat ingelezen. Om een blok in te lezen kiest u de **Block Read**-optie en wordt de naam van het .PCB-bestand gespecificeerd. Na de prompt **PLACE BLOCK** verplaatst u de blokomtrek naar de gewenste positie. Zoals u inmiddels weet kunt u het blok omdraaien en roteren met de spatiebalk respectievelijk de X- en Y-toetsen. Ten slotte drukt u ENTER in. Het ingelezen blok blijft gedefinieerd totdat u **Block Hide** kiest of een ander blok definieert.

### Opslaan van een gedeelte van een ontwerp

Wanneer een gedeelte van het huidige ontwerp ook in andere ontwerpen zullen worden gebruikt, kan dit als een blok worden gedefinieerd en als een apart bestand worden opgeslagen. Hiertoe definieert u het betreffende gedeelte van het ontwerp als een blok met de **Block Define**-optie. Vervolgens wordt gekozen voor **Block Write** en wordt na de boodschap **BLOCK WRITE FILE NAME** een bestandsnaam ingevoerd.

## Veranderen van de instellingen

### Inleiding

De momentele instellingen kunnen door middel van de **Current**-optie uit het MAIN MENU worden opgevraagd. Een instelling kan worden gewijzigd via een item uit het **Current**-menu.

### Cursormode

De cursormode kan worden ingesteld op absoluut of relatief. In de absolute mode worden de X- en Y-coördinaten vanaf de hoek linksonder gemeten. In de relatieve mode wordt de cursorpositie ten opzichte van een andere positie op de printplaat bepaald. De oorsprong van de relatieve cursor wordt door middel van de **Current Floating Origin** bepaald.

### Instellen van een drijvende oorsprong (floating origin)

Om de oorsprong (standaard X = 0, Y = 0) op een andere positie dan de hoek linksonder in te stellen wordt de cursor verplaatst naar het punt dat de drijvende oorsprong moet worden. Kies **Current Floating Origin**, waarna de huidige cursorpositie de oorsprong wordt. De statusregel verandert alleen wanneer **Current Cursor Mode** op Relative is ingesteld.

### De actieve laag (Layer)

**Current Layer** geeft aan welke laag momenteel is geselecteerd. Deze optie opent een venster dat alle lagen toont, waarvan één de geselecteerde laag kan zijn. Alvorens een geselecteerde laag te activeren moet deze worden ingeschakeld. U kunt de lagen in- en uitschakelen door middel van **Setup Toggle Layers**. Indien u een laag kiest die niet is ingeschakeld verschijnt de boodschap **CURRENT LAYER MUST BE TURNED ON.**

### Het padtype (Pad Type)

Welk type op een bepaald moment actief is is te achterhalen via **Current**. Kies **Current Pad Type** om een ander padtype te selecteren. Deze optie genereert een venster met een overzicht van de beschikbare padtypen. Het default padtype is een cirkelvormige pad met een diameter van 62 mil en een gatgrootte van 28 mil. Indien twee pads met een standaarddiame-

ter van 62 mil op 100 mil van elkaar worden gepositioneerd, kan tussen deze pads een 12 mil-baan met een tussenruimte van 13 mil worden gelegd.

**Pad richting (Pad Orientation)**
Pads kunnen normaal worden gepositioneerd of met 90 graden worden gedraaid. Kies **Normal** of **Rotated** uit het **Pad Orientation**-menu om de richting van de pad te bepalen. Deze optie reduceert het aantal te definiëren padtypen en is derhalve zeer praktisch.

**Standaard baanbreedte (Track Width)**
Deze optie maakt het mogelijk om de standaard baanbreedte van 12 mil te veranderen. De optie genereert een invoervenster, waarin u de nieuwe waarde voor de baanbreedte kunt invoeren. De baanbreedten kunnen variëren van 1 mil tot 255 mil.

**Hoogte van de letters (String Size)**
De hoogte van de tekst op de printplaat kan via de **Current String Size**-optie worden gekozen. De hoogte kan op ieder tijdstip worden veranderd, stel deze optie echter in op de hoogte die het meeste wordt gebruikt. De toegestane waarden variren van 36 tot 1000 mil.

**Breedte van de tekstregels (String Lines)**
De breedte van de segmenten waaruit de individuele karakters in de tekststrings worden opgebouwd kan door middel van de **Current String Lines**-optie worden gevarieerd. De gebruikelijke waarde is 10 mil, maar indien u een bepaalde tekst wilt laten opvallen kunt u de breedte van de tekststring in 15 of 20 veranderen. Zorg dat de gespecificeerde breedte bij de hoogte van de tekst hoort. Een breedte van bijvoorbeeld 10 mil sluit heel goed aan op een teksthoogte van 60 mil, maar een breedte van 30 mil levert een onleesbare tekst op. De breedte kan variëren van 1 mil tot 255 mil.

**Grootte van een via (Via Size)**
De standaard via waarde van 50 mil kan worden gewijzigd door de **Current Via Size**-optie te kiezen en een nieuwe waarde in het invoervenster in te voeren. De waarden voor via's kunnen variëren van 1 tot 255 mil. Maak via's echter niet te groot, aangezien dit de mogelijkheden voor de automatische router tijdens het leggen van banen beperkt.

**Standaard diameter van via's (Via Hole Size)**
De gatgrootte van een via is de diameter van het gat door de printplaat. Het ligt voor de hand dat deze waarde kleiner moet zijn dan de grootte van de via. Het programma controleert of de gespecificeerde waarde niet groter is dan de grootte van de via. Indien de waarde van het gat groter is, brengt het programma deze waarde automatisch terug tot de waarde van de grootte van de via minus 1 mil. Via de keuze **Current Via Hole Size** kan de standaard waarde van 28 mil worden gewijzigd.

# Verwijderen van items op de printplaat

**Inleiding**
De **Delete**-optie maakt het mogelijk om zowel bogen, componenten, kopergebieden, gemarkeerde items, pads, strings, banen als via's te verwijderen. Wanneer een item van de printplaat is verwijderd, is het

verstandig om het scherm te herschrijven door de END-toets in te drukken. Tijdens het herschrijven van het scherm worden slordige effecten ten gevolge van een wisoperatie gladgestreken. Tijdens het verwijderen van banen en bogen moet de cursor exact op het te verwijderen item worden gepositioneerd.

**Verwijderen van een boog (Arc)**
Een boog kan alleen worden verwijderd indien deze zich in de huidige geselecteerde laag bevindt. Aangezien bogen gewoonlijk op de componentenoverlay worden aangetroffen, moet deze laag worden geselecteerd alvorens de boog te verwijderen. Kies hiervoor **Delete Arc** en selecteer een boog door de cursor naar een willekeurige positie op de betreffende boog te verplaatsen en druk ENTER in. Na een bevestiging wordt de boog verwijderd.

**Verwijderen van een component (Component)**
Een component kan ongeacht de geselecteerde laag worden verwijderd. Het is dus niet nodig de componentenzijde te selecteren. Dit gebeurt via de keuze **Delete Component.**
Verplaats de cursorbalk door middel van de muis en druk ENTER in om het component te selecteren. Wanneer u **Yes** kiest ter bevestiging, wordt het component daadwerkelijk van de printplaat verwijderd. Het is relatief eenvoudig om een component te verwijderen dat niet op het scherm wordt weergegeven, voorzichtigheid is geboden!

**Verwijderen van een kopergebied (Fill)**
Een kopergebied kan alleen worden verwijderd indien dit zich op de huidige geselecteerde laag bevindt. Kies de **Delete Fill**-optie en verplaats de cursor naar het betreffende gebied. Ten slotte bevestigt u dat dit gebied moet worden verwijderd.

**Verwijderen van gemarkeerde items (Highlight)**
Een aantal gemarkeerde banen wordt verwijderd via de **Highlight**-optie uit het MAIN MENU. Markeer de betreffende banen en kies de **Zoom All**-optie om de gehele printplaat op het scherm weer te geven. Controleer of er niet te veel banen voor de wisoperatie zijn gemarkeerd. Kies **Delete Highlight** waarna de gemarkeerde banen worden verwijderd. Om een externe laag te verwijderen moet eerst **Highlight Net** worden gekozen om de gehele of gedeeltelijke laag te markeren en daarna de **Delete Highlight**-optie. Denk eraan dat een externe laag in gedeelten kan zijn opgesplitst met het gevolg dat elk gedeelte apart moet worden gemarkeerd. De componenten blijven gehandhaafd tijdens het verwijderen van gemarkeerde banen.

**Verwijderen van een pad (Pad)**
Aangezien een pad bij elke laag behoort, kan deze uit een willekeurige laag worden verwijderd via de **Delete Pad**-optie, waarna de boodschap **SELECT PAD** op de statusregel verschijnt. Verplaats de cursor naar de betreffende pad. Indien de pad niet kan worden verwijderd, genereert de computer een piepsignaal. Is een verwijdering mogelijk en wordt de handeling bevestigd, verdwijnt de pad. Verwijder geen pad die deel uitmaakt van een bibliotheekcomponent. U zult dan het gehele component moeten verwijderen in plaats van één pad.

**Verwijderen van een string (String)**
Om een karakterstring te verwijderen moet u zich op dezelfde laag bevinden als de string in kwestie. Na het selecteren van

de **Delete String**-optie verschijnt de boodschap **SELECT STRING**. Verplaats de cursor naar de betreffende string en druk ENTER in. Bevestig dat de string moet worden verwijderd door **Yes** te kiezen.

**Verwijderen van een baan (Track)**
Ook in dit geval dient de baan zich op de huidige laag te bevinden. Om een baan te verwijderen wordt gekozen voor **Delete Track**, waarna de cursor naar de baan wordt verplaatst. Bevestig de operatie met **Yes** of kies **No** om de baan te handhaven.

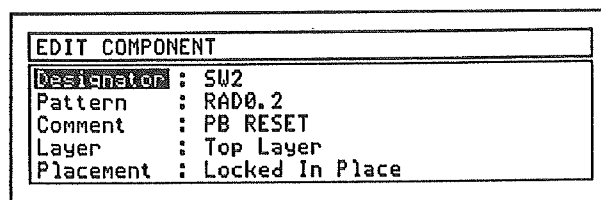
**Verwijderen van een via (Via)**
Een via kan uit elke laag worden verwijderd. Kies **Delete Via** en verplaats de cursor naar de via die u wilt verwijderen. Het programma geeft de boodschap **SELECT VIA** op de statusregel weer.

# Wijzigen van een printplaat

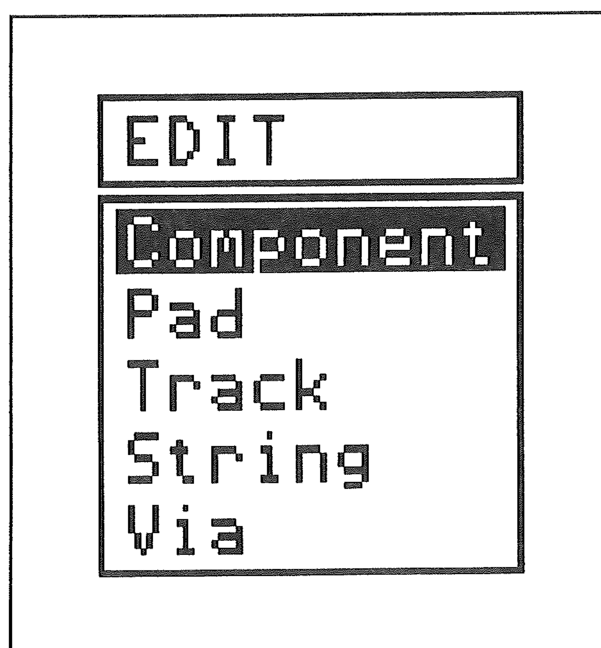
**Inleiding**
Om items, zoals componenten, te wijzigen die reeds op de printplaat zijn geplaatst wordt gekozen voor het **Edit**-menu.

**Wijzigen van een component (Component)**
Is voor **Edit Component** gekozen, dan moet een component worden geselecteerd. Als de componenten op de printplaat elkaar overlappen opent het programma een venster met de benamingen van de componenten die elkaar overlappen. Selecteer de aanduiding van het gewenste component, waarna het programma een venster met informatie over de aanduiding, het patroon, de opmerking, de laag en de status van de positie van het geselecteerde component opent (figuur 3/8.9.2-6). Deze items kunnen worden veranderd.

Wilt u bijvoorbeeld de componentaanduiding veranderen, dan opent het programma een venster met vier opties. Zo kan de tekst worden gewijzigd (bij voorbeeld U3 in C4), de hoogte van de tekst en de breedte van de karaktersegmenten. Wanneer de aanduiding uw goedkeuring kan wegdragen, drukt u ESC in om naar het **Edit Component**-menu (figuur 3/8.9.2-7) terug te keren.




**Figuur 3/8.9.2-6:** Het venster voor het veranderen van de items van een component.




**Figuur 3/8.9.2-7:** Het EDIT-menu.

Het **Comment**-veld kan op dezelfde manier worden veranderd als de aanduiding. Als het om een Surface Mount Device (SMD) gaat, kan de laag worden veranderd. SMD's behoren tot slechts één laag, omdat deze componenten worden vastgeplakt en geen pennen hebben.
Wanneer u **Edit Component Layer** heeft gekozen, moet u de componentenzijde of de soldeerzijde voor het component kiezen.
Is het component geen SMD, dan gebeurt er niets.
De **Edit Component Placement**-optie biedt de keuze uit **FREE TO MOVE** of **LOCKED IN PLACE**. Dit speelt vooral een rol bij een automatische opstelling van de componenten.
Wordt Locked In Place aan een component toegewezen, dan zal dit onderdeel niet naar een andere positie op de printplaat worden verplaatst. Dit is van belang voor bijvoorbeeld hoekconnectoren en een aantal kritische componenten zoals microprocessorchips.

**Veranderen van een pad (Pad)**
U kunt de grootte, het type of de laag van een pad veranderen door **Edit Pad** te kiezen. Verplaats de cursor naar de pad en selecteer deze, waarna aansluitend de details over de geselecteerde pad verschijnen.
De enige extra optie is de mogelijkheid de verbinding met massa of spanning te veranderen.

**Veranderen van een baan (track)**
Zowel de laag voor een baan als de breedte van een baan kunnen worden gewijzigd via **Edit Track**. Een laag veranderen gebeurt met **Layer**. Dit leidt tot een venster met alle beschikbare signaal- en overlaylagen.
Kies de laag waarnaar u de baan wilt overbrengen, gevolgd door ENTER. De baanbreedte wordt veranderd met **Width**. Het venster biedt de mogelijkheid om de geselecteerde baan te veranderen, de gemarkeerde banen of alle banen op de printplaat.

**Veranderen van een tekenstring (String)**
De hoogte van een tekststring en de karakters waaruit de string bestaat kunnen worden veranderd via de **Edit String**-optie. Kies **Size** om de hoogte van de letters te veranderen en **Line Width** om de breedte van de lettersegmenten te veranderen. Kies **Text** om de tekst te veranderen. Hierbij kunt u alle functies van de regel-editor gebruiken.

**Veranderen van een via (Via)**
Aangezien via's deel uitmaken van alle lagen kan alleen de grootte van de via en de gatgrootte worden aangepast met behulp van **Edit Via**. Voer een nieuwe waarde voor de grootte van de via en de gatgrootte in, waarna een venster met opties om één via te wijzigen, de gemarkeerde via's of alle via's op de printplaat wordt geopend.
Indien u een gatgrootte invoert die groter is dan de grootte van de via, zal de gatgrootte worden teruggebracht tot de grootte van de via minus één mil.

# Bestandsbeheer

**Inleiding**
De **File**-optie van het MAIN MENU biedt alle mogelijkheden op het gebied van bestandsbeheer.
Hiertoe behoren ondermeer het opslaan en opvragen van bestanden, het specifice-

ren van de route (path) naar een directory, opvragen van de directory specificaties en het vrijmaken van de werkruimte. Bovendien kunt u een aantal DOS-operaties uitvoeren zonder het huidige werkstuk en de bijbehorende instellingen te verliezen.

**Leegmaken van het geheugen (Clear)**
Wanneer met een nieuw werkstuk wordt begonnen, kan werkruimte worden vrijgemaakt door middel van de **File Clear**optie.
De **Clear**-optie vraagt als beveiliging om een tweede bevestiging.

**Terugkeer naar DOS (DOS)**
Tijdens het ontwerpen van een printplaat kan een aantal DOS-commando's worden uitgevoerd, die niet door een van de programmamenu's worden ondersteund. Protel-Autotrax kan dan tijdelijk worden verlaten door middel van de **File DOS**-optie.
Op deze wijze kunnen DOS-commando's worden uitgevoerd zoals het veranderen van schijfeenheid. Er zijn geen beperkingen ten aanzien van het gebruik van de DOS-commando's.

**Opvragen van de directory-inhoud (Files)**
Bestandsbeheer betekent ook dat u regelmatig zult controleren welke .PCB-bestanden reeds op schijf zijn opgeslagen.
Hiertoe vraagt u de namen van alle bestanden of van een selecte groep bestanden op door middel van de **File Files**-optie.
Deze optie opent een venster waarin u het masker voor de op te vragen bestanden kunt specificeren. Het standaard masker *.* geeft aan dat een overzicht van alle bestanden in de actieve directory zal worden getoond.

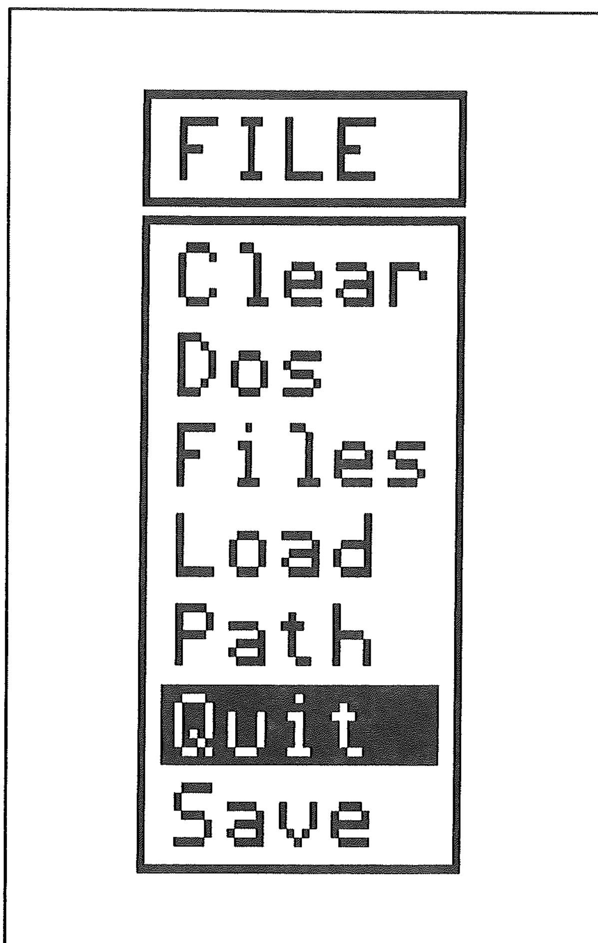
**Laden van een bestand (Load)**
Deze optie is bestemd om een Protel-Autotrax bestand vanaf de harde schijf of vanaf diskette in het RAM-geheugen van de computer te laden voor verdere bewerking.
Dit gebeurt via **File Load** en het specificeren van een bestandsnaam of het opvragen van een overzicht om hieruit een keuze te maken. Om een bestand uit een andere directory te laden dan de directory die met de **File Path**-optie is gespecificeerd, moet de volledige padnaam van het bestand worden opgegeven. Wanneer u Protel-Autotrax start kunt u direct een bestand laten inlezen. Om bijvoorbeeld het bestand BOARD1.PCB te laden tikt u **TRAXEDIT BOARD1** in en drukt u de ENTER-toets in.

**Specificeren van padnamen (Path)**
Het is aan te raden om de .PCB-bestanden in een andere directory op te slaan dan de directory die de Protel-Autotrax programma's en systeembestanden bevat. U kunt de padnaam van de directory voor .PCB-bestanden met de **Path**-optie specificeren. Zo kan een directory worden aangemaakt met als aanduiding \FILES of \PCB voor de bestanden.

**Beëindigen van het Protel-Autotrax programma (Quit)**
Na afloop van een Protel-Autotrax sessie kan het programma worden verlaten met de **File Quit**-optie (figuur 3/8.9.2-8). Denk eraan een backup van uw bestanden te maken door deze naar een diskette te kopiëren voordat u de computer radicaal uitschakelt.

**Opslaan van bestanden (Save)**
Sla uw werkbestanden regelmatig op, waarbij de tijdsduur tussen de diverse

Save-operaties grotendeels afhangt van de grootte van het ontwerp.
Een erg groot ontwerp vergt meer tijd om te worden weggeschreven dan een klein, zodat om de vijf minuten opslaan als hinderlijk kan worden ervaren. Protel-Autotrax slaat het ontwerp automatisch om de dertig minuten op, tenzij de backup-tijd in **Setup Options Backup** is aangepast. Wanneer u een bestand opslaat, maakt het programma een backup van de vorige versie van het bestand.
Deze backup krijgt de extensie .BAK toegewezen, zodat altijd twee kopieën van een bestand aanwezig zijn.



**Figuur 3/8.9.2-8:** Het File-menu.

# Rasterformaat

**Inleiding**
Protel-Autotrax ondersteunt twee rasters. Een onzichtbaar **snap on** raster en een zichtbaar raster dat zich als een reeks punten op het scherm manifesteert. De afstand tussen de punten kan in beide rasters worden veranderd door middel van de **Grid**-optie uit het MAIN MENU.

**Veranderen van het snap on raster (Snap Grid)**
Het snap on raster is een onzichtbaar raster dat de cursor volgt. Wanneer de cursor wordt verplaatst schiet deze van de ene rasterpositie naar de volgende. Met behulp van **Grid Snap** kan men de waarde aanpassen. Vanaf dit moment zal de cursor naar de volgende padpositie springen zodra de muis wordt bewogen. De normale waarde bedraagt 25 mil maar deze kan worden verhoogd of verlaagd. De actuele waarde van het snap on raster wordt altijd op de statusregel getoond. Het snap on raster is bijvoorbeeld erg handig wanneer men met hoekconnector-pads werkt, aangezien deze gewoonlijk op 125 of 156 mil van elkaar worden gepositioneerd.

**Veranderen van het zichtbare raster (Visible Grid)**
Het zichtbare raster wordt gebruikt om componenten en banen nauwkeurig en systematisch op te stellen. Dit raster wordt gewoonlijk op 1000 mil ingesteld (dus één inch). De waarde waarmee u werkt zal echter in grote mate afhangen van de vergrotingsfactor. Hoe hoger de vergrotingsfactor, des te lager de waarde voor het zichtbare raster kan zijn. Om de waarde te veranderen selecteert u **Grid Visible Grid** en voert u een nieuwe waarde in.

# Markeren van netten

**Inleiding**
De **Highlight**-optie geeft toegang tot twee hoofdfuncties. Ten eerste kan een net of een individuele verbinding worden gemarkeerd of een net gekopieerd en ten tweede kan aan de hand van bestaande verbindingen een netlijst worden opgesteld. De **Highlight**-optie leent zich bij uitstek om te controleren of er geen verbindingen in een net zijn vergeten.

**Markeren van een verbinding (Connection)**
Kies **Highlight Connection** om een verbinding tussen twee pads te markeren, waarna de **SELECT TRACK/PAD TO HIGHLIGHT** boodschap verschijnt. Verplaats de cursor naar een baan of een pad op de verbinding die gemarkeerd moet worden, druk ENTER in. Bovenaan het scherm zal de boodschap **SORTING TRACKS, PLEASE WAIT** verschijnen, waarna de verbinding wordt gemarkeerd. De markering blijft aanwezig totdat een andere verbinding of ander net wordt gemarkeerd of totdat de keuze **Highlight Connection** of **Highlight** Net wordt geselecteerd.

**Kopiëren van netten (Duplicate)**
De **Highlight Duplicate**-optie maakt het kopiëren van netten tot een eenvoudige aangelegenheid. Eerst wordt gekozen voor **Highlight Duplicate** met als resultaat de boodschap **SELECT COPY SOURCE**. Selecteer het punt op het gemarkeerde net dat als referentiepunt moet fungeren. De boodschap verandert nu in **SELECT COPY DESTINATION**. Verplaats de cursor naar het kopieerpunt en druk ENTER in, het net wordt gekopieerd. De **Highlight Duplicate**-optie kan ook worden gebruikt om geheugenroutes (memory route) te kopiëren. Een geheugenroute is gewoonlijk een korte pad-naar-pad verbinding, die zich op één laag bevindt en twee of drie korte baansegmenten beslaat. Een dergelijk patroon kan niet door middel van de **Repeat**-optie worden gedupliceerd aangezien deze alleen de positionering van het vorige baansegment herhaalt.

**Markeren van een net (Net)**
De **Highlight** Net-optie komt overeen met de **Highlight Connection**-optie met als enig verschil dat **Highlight** Net een geheel net markeert en **Highlight Connection** slechts één verbinding markeert.

**Creëren van een netlijst (Make Netlist)**
Nadat een printplaat is gerouteerd kan een netlijst worden aangemaakt via de **Highlight Make Netlist**-optie. Bijvoorbeeld kan men een afdruk op papier maken van een netlijst teneinde de verbindingen met de hand te controleren. Om een beter resultaat te bereiken kunt u de automatische router de verbindingen laten leggen aan de hand van de informatie in de netlijst. Zodra voor **Highlight Make Netlist** is gekozen verschijnt een invoervenster met de boodschap **NETLIST FILENAME**. Voer een naam in voor het netlijst bestand en bevestig dat de generatie van de netlijst doorgaat. De netten worden één voor één gemarkeerd terwijl ze naar het bestand worden geschreven. Aan de rechterkant van de statusregel verschijnt een **recursion depth count**. Deze geeft aan hoe zwaar het programma moet nadenken om de diverse netten te onderscheiden! De generatie van de netlijst gaat door totdat alle netten in het bestand zijn opgeslagen. Ten slotte wordt de statusregel hersteld en verschijnt de

cursor weer.
Een netlijst bestand krijgt de extensie NET toegewezen.

# Informatie over de print

**Inleiding**
Het **Information**-menu geeft informatie over de status van de huidige printplaat. Deze optie levert essentiële gegevens zoals het aantal bogen, componenten, pads, gaten, via's alsmede informatie over de beschikbare geheugenruimte (figuur 3/8.9.2-9).

```
STATUS
Free Memory      : 150935   Bytes
Free Ems Memory  : 0        Bytes
Arcs             : 15
Components       : 36
Fills            : 0
Holes            : 520
Pads             : 435
Strings          : 5
Tracks           : 1554
Vias             : 85
Work File Name   : D:\PROTEL\DEMO.PCB
Library          : C:\TEMP2\TRAXSTD.LIB
Current Path     : D:\PROTEL
Disk Size        : 42700800 Bytes
Disk Free        : 24489984 Bytes
```

**Figuur 3/8.9.2-9:** Het STATUS-menu van de printplaat

**Informatie over de afmetingen van de printplaat (Board Dimensions)**
Wanneer voor **Information Board Dimensions** (figuur 3/8.9.2-10) is gekozen verschaft het programma informatie over het huidige formaat van de printplaat, zoals de minimum- en maximumwaarden van de X- en Y-coördinaten. Het is mogelijk dat de minimumwaarden negatief zijn.
De reden hiervan is dat een item, zoals een pad, in het negatieve vlak zal overlopen.

**Lijst van geplaatste componenten (Components)**
Om een lijst van geplaatste componenten op te vragen wordt gekozen voor de optie **Information Components.**
Het programma onderzoekt de reeds geplaatste componenten en vermeldt deze in een informatievenster (figuur 3/8.9.2-11).

```
INFORMATION
Board Dimensions
Components
Highlighted Pins
Library Components
Nets
Pwr/Gnd Pins
Status
```

**Figuur 3/8.9.2-10:** Het INFORMATION-venster voor de printplaat.

**Controleren van gemarkeerde pennen (Highlighted Pins)**
Indien een verbinding of een net met **Highlight Net** of **Highlight Connection** wordt gemarkeerd kan een lijst van pennen in dat net worden opgevraagd via **Information Highlighted Pins.** Op die manier kan in één oogopslag worden gecontroleerd of alle pennen in een bepaald net zijn aangesloten. Kiest u **Information**

**Highlighted Pins** en zijn er geen pennen gemarkeerd, dan verschijnt de waarschuwing **NO PINS HAVE BEEN HIGHLIGHTED.**

**Opvragen van de namen van bibliotheek-componenten (Library Components)**
De optie **Information Library Components** wordt gebruikt om de namen van de componenten in de actieve bibliotheek op te vragen.
De namen van de componenten verschijnen in een venster.
Druk de PGDN-toets in indien de lijst niet op één scherm past.

**Lijst van alle netten (Nets)**
De **Information Nets**-optie genereert een lijst van alle netten die zich momenteel in het geheugen bevinden.
Druk PGDN in indien de lijst niet op één scherm past. Zijn er geen netten geladen met de **Netlist Get Nets**-optie dan verschijnt de waarschuwing **NO NETS LOADED.**

COMPONENTS PLACED

| | | |
|---|---|---|
| C1 | C3 | C4 |
| C5 | C6 | C7 |
| C8 | C9 | C10 |
| J1 | J2 | J3 |
| J4 | R1 | R2 |
| R3 | R4 | R5 |
| R6 | R7 | SW1 |
| SW2 | U1 | U2 |
| U3 | U4 | U5 |
| U6 | U7 | U8 |
| U9 | U10 | U11 |
| U12 | XTAL1 | XTAL2 |

**Figuur 3/8.9.2-11:** Overzicht van de geplaatste componenten op de print.

**Lijst van spanningvoerende en massa verbindingen (Pwr/Gnd Pins)**
Een lijst van alle spanningvoerende verbindingen of massa-verbindingen wordt verkregen via **Information Pwr/Gnd Pins.** Het programma toont een menu met de keuze uit massa of spanning. Kies **Ground Plane** voor een overzicht van de massaverbindingen of **Power Plane** voor een overzicht van de spanningvoerende verbindingen.

**Essentiële informatie over de printplaat (Status)**
Wanneer u **Information Status** kiest, verschijnt een informatievenster. Ten eerste toont het venster de hoeveelheid beschikbare geheugenruimte en expanded memory (EMS) in bytes. Ten tweede geeft het venster ook informatie over het aantal bogen, componenten, kopergebieden, gaten, pads, strings, banen en via's op de printplaat plus de bestandsnaam van de printplaat en de naam van de actieve bibliotheek. Onder in het venster wordt het huidige directorypad, de capaciteit van de schijf en het aantal beschikbare bytes op de schijf weergegeven.

# De JUMP-optie

**Inleiding**
De **Jump**-optie wordt onder meer gebruikt om op grote printplaten naar een bepaald component te springen, om een tekenstring of pad op te sporen of om de cursor naar een bepaalde locatie te sturen.
De positie van de cursor op de printplaat wordt bepaald door de afstand in mils (1/1000 inch) vanaf de oorsprong in zowel de X- als Y-richting.

Wanneer u voor het scherm zit, strekt de X-richting zich horizontaal naar rechts uit en de Y-richting verticaal omhoog. Indien de oorsprong via het **Current**-menu is veranderd, kunnen deze richtingen uiteraard afwijken.

**Springen naar een component (Component)**
Het springen naar een component gebeurt via **Jump Component**, waarna de componentaanduiding in het invoervenster wordt ingevoerd.
Via het informatievenster kunnen alle componentaanduidingen op de printplaat worden weergegeven. Verplaats de cursorbalk naar de specifieke aanduiding en druk ENTER in. De cursor springt naar pen 1 van het gespecificeerde component.

**Springen naar een locatie (Location)**
Deze optie wordt gebruikt om de cursor naar een bepaalde locatie op de printplaat te sturen.
Zodra **Jump Location** is gekozen wordt verzocht de X-positie in te voeren. De waarde in het venster geeft de huidige positie van de cursor aan.
Na het invoeren van een nieuwe waarde wordt verzocht om ook de Y-positie in te voeren.
De cursor springt onmiddellijk naar de nieuwe positie.

**Springen naar een net (Net)**
Deze optie wordt gebruikt om de cursor op een bepaald net te positioneren en geschiedt via **Jump Net**, waarna de naam van het net moet worden ingetikt. Na het invoeren van een vraagteken (?) verschijnen alle netnamen in een informatievenster.
Als het net bestaat, zal de cursor naar de dichtstbijzijnde pad in het net springen. Indien het net niet aanwezig is, verschijnt de waarschuwing **NET NAME NOT FOUND** of **NO NETS LOADED.**

**Springen naar de oorsprong (Origin)**
Deze optie stuurt de cursor terug naar de absolute oorsprong in de hoek linksonder van de printplaat ongeacht de aanwezigheid van een drijvende oorsprong. Wanneer **Jump Origin** is gekozen wordt de cursor direct teruggestuurd.

**Springen naar een pad (Pad)**
Deze optie wordt gebruikt om naar een specifiek pad te springen. Kies **Jump Pad en** voer een pennummer in, waarna de cursor naar het specifieke pad springt. Deze optie is handig om de volgorde van de pennummers tijdens het verbinden van de pads te bepalen. Gewoonlijk zal dit bij IC's geen probleem vormen, maar bij connectoren zoals de DB25 kan de volgorde van de pennummers nog wel eens verwarring wekken. Indien het gespecificeerde pennummer niet bestaat (bijvoorbeeld pen 17 voor een DIP16-patroon) verschijnt de boodschap **PAD NOT FOUND.**

**Springen naar een string (String)**
Deze optie maakt het mogelijk om naar een specifieke tekststring te springen. Na het kiezen van **Jump String** wordt verzocht de string in te voeren.
Indien de string overeenkomt met andere strings op de printplaat, zal het programma eerst een vergelijking uitvoeren.
Indien bij voorbeeld **Pro** is ingevoerd, zoekt het eerst naar de string **Pro**, vervolgens naar **PRO**, naar **pro**, naar strings die beginnen met **Pro...** enzovoorts.
Bestaat de string niet, dan verschijnt de boodschap **STRING NOT FOUND.**

# Beheren van bibliotheken

**Inleiding**
Het **Library**-menu verschaft mogelijkheden om nieuwe componenten aan de bibliotheek toe te voegen, bestaande componentenbibliotheken te organiseren en nieuwe bibliotheken aan te leggen.

**Componenten aan de bibliotheek toevoegen (Add)**
Voordat een component aan de bibliotheek kan worden toegevoegd, moet dit worden gecreëerd.
Nadat het component is gecreëerd moet u het als een blok markeren met de **Block Define**-optie.
Kies vervolgens **Library Add** en voer een naam in voor het nieuwe component. Wanneer het component aan de actieve bibliotheek wordt toegevoegd, verschijnt heel kort de boodschap **CREATING LIBRARY COMPONENT**.

**Bekijken van de bibliotheek-componenten (Browse)**
De **Library Browse**-optie biedt de mogelijkheid om de patronen van de bibliotheekcomponenten te bestuderen. Kies **Library Browse**, waarna het scherm wordt schoongemaakt (geen paniek, uw werk gaat niet verloren!) en het volgende menu verschijnt.
Kies **Library Browse Get Next** om het volgende component in de bibliotheek op te vragen. Om het component goed te kunnen bekijken kan het via de PGUP-toets worden opblazen. Bovendien staat de Browse-optie het gebruik van de PGDN-toets en de cursorbesturingstoetsen toe.
Zolang het patroon van het component op het scherm staat, bevat de promptregel de boodschap **LIBRARY BROWSE**. Dit betekent dat u naar het menu kunt terugkeren door ENTER in te drukken of met de linker muisknop te klikken. Om een specifiek component op te vragen moet voor **Library Browse Select** worden gekozen en de naam van een component worden ingevoerd (of via het informatievenster opvragen).

**Een compacte bibliotheek (Compact)**
Wanneer een aantal componenten zijn toegevoegd en verwijderd, zal het bestand geen aaneengesloten geheel meer vormen en neemt dus meer ruimte op schijf in dan nodig is.
Na **Library Compact** en een bevestiging (**Yes**) genereert het programma een lijst van de componenten die het tijdens het compact-proces aantreft gevolgd door het totaal.

**Een component uit de bibliotheek verwijderen (Delete)**
Een component kan uit de bibliotheek worden verwijderd door **Library Delete** te kiezen en de naam van het specifieke component in te voeren of aan te wijzen in het informatievenster.
Selecteer vervolgens het specifieke component en bevestig de operatie door **Yes** te kiezen.

**Exploderen van een component (Explode)**
Om een nieuw component te ontwerpen is in veel gevallen slechts een kleine wijziging in een soortgelijk bibliotheekcomponent voldoende.
Hiertoe wordt het bibliotheekcomponent op de printplaat geplaatst en geëxplodeerd.
Vervolgens kunt u het component wijzigen en als een nieuw component aan de

bibliotheek toevoegen. Kies **Library Explode** en selecteer het component voor de exlosie.
Hoewel het component in principe onveranderd lijkt (met de uitzondering dat de aanduiding en de opmerking verwijderd zijn), bevinden de verschillende elementen van het component zich in de oorspronkelijk staat.
In plaats van een component is het nu een verzameling banen, bogen en pads. Als het patroon is veranderd moet dit als een blok worden gedefinieerd alvorens het als een nieuw component aan de bibliotheek kan worden toegevoegd.
Deze optie kan ook heel goed worden gebruikt om kleine wijzigingen in bestaande bibliotheekcomponenten aan te brengen.

**Een ander bibliotheek-bestand kiezen (File)**
Kies de **Library File**-optie als u met een andere bibliotheek wilt werken. Na de boodschap **LIBRARY FILE NAME** wordt de naam van het bibliotheekbestand ingevoerd.
Met behulp van de **Information Status**-optie kan worden gecontroleerd welke bibliotheek actief is.

**Overzicht van de bibliotheek-componenten (List)**
De **Library List**-optie wordt gebruikt om een lijst van de componentnamen in de actieve bibliotheek op te vragen. Bovenaan het scherm verschijnt de melding **WORKING, PLEASE WAIT**, waarna de namen van de bibliotheek-componenten in het informatievenster zullen verschijnen.
Om de namen van componenten in andere bibliotheken te bekijken moet naar de betreffende bibliotheek worden overgeschakeld met **Library Files** zoals zojuist beschreven.

**Samenvoegen (Merge)**
Deze optie wordt gebruikt om een component uit een bibliotheek naar de actieve bibliotheek over te brengen. Kies **Library Merge** en geef de naam van de bibliotheek van **waaruit** (from) het component moet worden verplaatst. Vervolgens wordt de naam van het specifieke component ingetikt en als het component bestaat zal het aan de actieve bibliotheek worden toegevoegd.

**Een nieuwe bibliotheek aanmaken (New Library)**
Kies **Library New Library** en voer de naam in voor de nieuwe bibliotheek.
Het programma maakt een nieuw bibliotheekbestand aan op schijf en wijst dit de extensie .LIB toe.
Bestaat de bibliotheek al, dan verschijnt de boodschap **LIBRARY FILE ALREADY EXISTS**.
Het programma verwijdert de bestaande bibliotheek uit het geheugen (maar niet van de schijf), waarna componenten aan de nieuwe bibliotheek kunnen worden toegevoegd.

**Hernoemen van een component (Rename)**
Een component in de actieve bibliotheek hernoemen gebeurt met **Library Rename**. Vervolgens verschijnt de boodschap **NAME IN LIBRARY**.
Specificeer de naam van het component en na de boodschap **NEW LIBRARY COMPONENT NAME** wordt de nieuwe naam ingevoerd. Bestaat het component niet, dan verschijnt de waarschuwing **COMPONENT NOT FOUND IN LIBRARY**.

# Items verplaatsen op de print

**Inleiding**
Het **Move**-menu kan een belangrijke bijdrage leveren aan de finishing touch van de layout. Zo kunt u bijvoorbeeld pads, via's, componenten, kopergebieden, bogen en tekststrings naar een andere positie op de printplaat verplaatsen. Bovendien biedt het menu verschillende mogelijkheden om banen te manipuleren: een baan verplaatsen, op een bepaalde positie onderbreken, de eindpunten van een baan verslepen of een baan opnieuw routeren. Bovendien kan met de automatische positioneerroutine de opstelling van de componenten worden gewijzigd.

**Verplaatsen van een boog (Arc)**
Wanneer voor **Move Arc** is gekozen, verschijnt de boodschap **SELECT ARC** op de promptregel. Verplaats de cursor naar de betreffende boog en druk ENTER in. Verplaats de omtrek van de boog door middel van de muis of de cursorbesturingstoetsen naar de nieuwe positie en leg de positie vast.

**Onderbreken van een baan (Break)**
Een baan korter maken of in twee gedeelten splitsen kan met de **Move Break**-optie. Na de boodschap **SELECT TRACK** wordt de cursor verplaatst, exact naar het punt waar de baan moet worden onderbroken. De baan gedraagt zich nu als een rubberslang, die met de cursor mee wordt getrokken. Het programma registreert dit feit met de boodschap **DRAGGING BROKEN TRACK**. Zijn de banen gepositioneerd, dan wordt dit bevestigd. Een belangrijk aspect van deze optie is dat de baan in twee banen wordt gesplitst. Elk gedeelte wordt als een aparte baan behandeld en kan desgewenst worden verwijderd.

**Verplaatsen van een component (Component)**
Kies **Move Component** om een component naar een nieuwe positie op de printplaat te verplaatsen. Na de boodschap **SELECT COMPONENT** wordt de cursor naar het specifieke component verplaatst en verschijnt de boodschap **MOVING COMPONENT**. Manoeuvreer het component door middel van de muis naar de nieuwe positie. Het programma opent een venster met de vraag **DRAG TRACKS**. Kies nu **Yes** om de binding met de banen te handhaven. Dit betekent dat de banen worden versleept naar de nieuwe positie van het component. Schrik niet van eventueel misvormde banen, want die kunnen later opnieuw worden gerouteerd. Met **No** wordt het component verplaatst, maar blijven de banen op de oorspronkelijke positie zodat alle verbindingen worden verbroken. De **Move Component**-optie biedt het grote voordeel dat de positie van de componenten uitermate nauwkeurig kan worden bepaald voordat het routingproces wordt uitgevoerd.

**Een eindpunt van een baan verslepen (Drag End)**
Deze optie wordt gebruikt om een eindpunt van een baan naar een andere positie op de printplaat te verslepen zonder de verbinding met andere banen te verbreken. Kies **Move Drag Track** en selecteer een baan. Verplaats de cursor naar de baan in kwestie en druk ENTER in. De cursor springt naar het dichtstbijzijnde uitpunt van de baan. Na de boodschap **DRAGGING TRACK END** kan de baan

naar de nieuwe positie worden versleept. Eventuele verbonden banen worden meegesleept en via's worden geherpositioneerd.

**Verplaatsen van een kopergebied (Fill)**
Zodra u **Move Fill** heeft gekozen verschijnt de boodschap **SELECT FILL**. Verplaats de cursor naar het specifieke kopergebied, waarna de boodschap **MOVING FILL** verschijnt en de omtrek van het kopergebied door middel van de muis naar de nieuwe positie kan worden verplaatst.

**Verplaatsen van een pad (Pad)**
Zodra **Move Pad** is gekozen, verschijnt de boodschap **SELECT PAD**. Verplaats de cursor naar de specifieke pad en leg de positie vast door ENTER in te drukken. Hierna kan een volgend pad worden verplaatst.

**Opnieuw routeren van een baan (Re-Route)**
De **Move Re-Route**-optie maakt het mogelijk om een verbinding met de hand te routeren door de baan op een aantal punten te onderbreken.
De baansecties blijven verbonden met de pads of via's aan de uiteinden. Het onderbreken van de banen en het kiezen van een nieuwe route geschiedt conform **Move Break**.

**Verplaatsen van een string (String)**
Na de keuze **Move String** verschijnt de boodschap **SELECT STRING**. Verplaats de cursor naar de specifieke string, waarbij de cursor op een willekeurige positie op de string mag worden gepositioneerd. Verplaats de omtrek van de string door middel van de muis. Leg tenslotte de positie vast door ENTER in te drukken.

**Verplaatsen van een baan (Track)**
Een baan verplaatsen gebeurt met **Move Track**. Een baan is een afzonderlijk lijnsegment en niet de volledige verbinding tussen twee pads. Selecteer de baan door ENTER in te drukken en als de boodschap **MOVING TRACK** is verschenen kan de baan naar de nieuwe positie worden verplaatst. Tijdens het verplaatsen van een baan bewegen de verbonden banen en via's met de baan mee, zodat de binding met via's en betrokken banen wordt gehandhaafd. Pads worden niet mee verplaatst!

**Verplaatsen van een via (Via)**
Met de optie **Move Via** kan een via worden verplaatst. Na de boodschap **SELECT VIA** wordt de cursor op de specifieke via geplaatst. Verplaats de omtrek van deze via door middel van de de muis naar de nieuwe positie. Leg de positie vast door ENTER in te drukken. De banen die met de via zijn verbonden, worden versleept om de binding te handhaven.

## Beheren van netlijsten

**Inleiding**
Een indrukwekkende functie van Protel-Autotrax is de mogelijkheid om automatisch een printplaat te routeren aan de hand van een netlijst die is gegenereerd door het Autotrax-pakket zelf. Bovendien kan het programma eveneens aan de hand van de informatie in de netlijst de componentenopstelling voor zijn rekening nemen, hetgeen u van een omslachtige taak ontlast. Het routingalgoritme werkt uitermate efficiënt en in vergelijking met traditionele technieken veel sneller. Voordat u een printplaat kunt

routeren zult u enige bewerkingen op de netlijsten moeten uitvoeren. Het **Netlist**-menu biedt hiertoe de benodigde opties. De **Route**-optie vormt een onderdeel van het **Netlist**-menu.

**Automatische componentenopstelling (Auto Place)**
Zodra een netlijst wordt gegenereerd, kunnen de componenten automatisch worden opgesteld via de **Netlist Auto Place**-optie. Dit neemt de taak over van het zelf moeten positioneren van de componenten. De optie levert niet altijd de beste opstelling op, dus moet regelmatig een kleine finishing touch worden uitgevoerd. Desondanks wordt echter 90% automatisch gerouteerd.
In eerste instantie moeten de hoekconnectoren of andere componenten die u op een bepaalde positie op de printplaat wenst, met de hand worden geplaatst. Hiermee zijn deze onderdelen direct Locked in Place. Bovendien moeten seed-components (waar omheen de printplaat zal worden opgebouwd) worden geplaatst. Een microprocessor kan tot deze categorie horen. De kaart zal vanuit de hoeken van de printplaat, van keep out lagen en vanuit reeds geplaatste componenten worden opgebouwd. Indien de boodschap **NO OUTLINE ON THE KEEPOUT LAYER** verschijnt, is er geen grens gedefinieerd die tijdens de componentenopstelling niet mag worden overschreden. Om dit probleem op te lossen schakelt u de Keepout-laag aan met **Setup Toggle Layers** en kiest u deze laag door de "+"-toets op het numerieke toetsenbord in te drukken. Teken een omtrek door middel van **Place Track** om de grenzen van de printplaat te definiëren. Onderdruk ('hide') de Keepout-laag weer en keer terug naar de **Auto Place**-routine.

**Een netlijst uit het geheugen verwijderen (Clear)**
Alvorens een netlijst te laden zal de bestaande netlijst waarschijnlijk uit het geheugen moeten worden verwijderd. Daarnaast wordt een netlijst na afloop van het routeren uit het geheugen verwijderd om geheugenruimte vrij te maken. Kies **Netlist Clear**, gevolgd door **Yes** om te bevestigen dat de netten uit het geheugen moeten worden verwijderd.

**Controleren van de ontwerp-regels (DRC, design rule checking)**
De **Netlist DRC**-optie wordt gebruikt om te controleren of de banen, via's en pads zijn opgesteld volgens de regels. Dit proces wordt ook wel **design rule checking** genoemd en is vooral belangrijk wanneer een aantal banen met de hand is aangelegd. De **DRC**-optie laadt eerst het netlijstbestand en controleert vervolgens of alle knooppunten in de afzonderlijke netten zijn verbonden. In het negatieve geval wordt een foutmelding gegenereerd en wordt het net in subnetten gesplitst. Controleer op dit punt ook op de aanwezigheid van extra pennen. Vervolgens markeert het programma alle knooppunten en controleert of een item dat niet is gemarkeerd volgens de design rules is gepositioneerd.

**Laden van een netlijst (Get Nets)**
Een netlijst kan door Protel-Schematic worden gegenereerd of door middel van de **Make Netlist**-optie uit het **Highlight**-menu. In beide gevallen wordt de netlijst naar eén bestand op schijf geschreven en krijgt de extensie .NET toegewezen. Het laden van een netlijst gebeurt met **Netlist Get Nets**, waarna de bestandsnaam wordt gespecificeerd of via het informatievenster wordt opgevraagd. De naam van elk

net dat wordt ingelezen, verschijnt in een venster bovenaan het scherm. Selecteer vervolgens een optimaliseringsmethode waarna de netten worden geoptimaliseerd om de lengte van elk net te reduceren.
Ten slotte keert u naar het **Netlist**-menu terug. Wordt een netlijst geladen terwijl het geheugen reeds een netlijst bevat, verschijnt de melding **NETLIST ALREADY LOADED, CONFIRM LOAD**. Met de keuze **Yes** zal de nieuwe netlijst de netlijst in het geheugen overschrijven.

**Verbergen van netten (Hide)**
Is een groep netten opgevraagd kan deze groep geheel of gedeeltelijk worden verborgen met de **Netlist Hide**-optie. Kies **Select Nets** om de namen van een aantal netten te specificeren of **All Nets** om alle netten te verbergen die momenteel worden weergegeven.

**Identificeren van netten (Identify)**
Zodra u een netlijst heeft geladen, kunt u een net identificeren met de **Netlist Identify**-optie.
Eerst moet echter **Netlist Show All Nets** worden geselecteerd om het ratsnest van verbindingen te bestuderen. De **Identify**-optie verzoekt vervolgens om een verbinding te selecteren.
Aansluitend verschijnt de naam van het net waartoe de geselecteerde verbinding behoort.

**Totale lengte van de verbindingen (Length)**
De nieuwsgierigheid naar de totale lengte van de verbindingen, bijvoorbeeld om deze te optimaliseren, wordt bevredigd via **Netlist Length**. De totale lengte van de verbindingen (in inches) verschijnt in een venster.

**Lijst van netnamen (List)**
De **Netlist Nets**-optie genereert een lijst van de namen van alle netten die zich momenteel in het geheugen bevinden.

**Optimaliseren van netten (Optimize)**
Netten worden automatisch geoptimaliseerd wanneer deze vanaf schijf worden ingelezen.
Het programma controleert elk net en bepaalt de kortste weg tussen de diverse knooppunten. Is een aantal netten veranderd, moeten deze opnieuw worden geoptimaliseerd voordat de printplaat kan worden gerouteerd. Na **Netlist Optimize** moeten de betreffende netten worden geselecteerd. Na de bevestiging (**Yes**) wordt een X-bias of een Y-bias gespecificeerd. Dit voorkomt een ongewenste verbinding van ontkoppelingscondensatoren en dergelijke componenten.

**Specificeren van spanningsvoerende- en massa-netten (Pwr/Gnd)**
Kies **Netlist Pwr/Gnd** om de netten voor de **Ground Plane** en de **Power Plane** te specificeren.

**Routeren van een printplaat (Route)**
Deze optie wordt in het volgende subhoofdstuk besproken.

**Weergeven van markeringen (Show)**
De **Netlist Show**-optie wordt gebruikt om geselecteerde netten of alle netten te markeren. Indien de **All Nets**-optie is gekozen, worden alle verbindingen als dunne witte lijnen, het zogenoemde ratsnets, weergegeven. Eén net wordt gemarkeerd met **Select Nets** en het specificeren van de naam van het net. Vervolgens wordt het net gemarkeerd. Gebruik echter eerst de **Zoom All**-optie zodat u het volledige net kunt bekijken.

# Routeren van een printplaat

**Inleiding**
Deze krachtige Autotrax-functie maakt het mogelijk om een printplaat ofwel met de hand te routeren door middel van de pad-naar-pad router of automatisch aan de hand van een netlijst. Ten behoeve van de duidelijkheid eerst een beschrijving van de **Setup**-opties uit het **Route**-menu.

**Opzetten van de lagen (Layer Setup)**
Gewoonlijk worden de banen op een printplaat verticaal op de eerste laag geplaatst, horizontaal op de volgende enzovoorts. De **Netlist Route Layer Setup**-optie biedt de mogelijkheid om horizontale banen, verticale banen of helemaal geen banen voor de signaaldragende lagen te kiezen. De selectie van **Verticale of Horizontale** betekent niet noodzakelijkerwijs dat de router exacte verticale of horizontale verbindingen zal produceren. Vaak zal een korte baan van 45 graden worden geplaatst teneinde een pad of via te vermijden.

**Opzetten van de routes (Router Setup)**
Na **Netlist Route Router Setup** verschijnt een lijst met routes die de router tijdens het routeren van een printplaat (of een net) kan nemen. Verdiep u even in de functies van de diverse routes alvorens deze te activeren of te de-activeren:

- Pre-Routes
  De standaardwaarde voor de pre-route is off (uit), omdat de banen meestal niet vóór het routingproces worden gelegd. Zijn echter wel meer banen vóór het routingproces aangelegd, dan moet deze optie worden geactiveerd. Wordt namelijk de pre-route niet geactiveerd voor een gedeeltelijk voltooide printplaat, zal de router tijdens het kiezen van een route voor nieuwe banen geen rekening houden met bestaande banen. Het gevolg kan zijn dat banen elkaar overlappen op dezelfde laag. Wanneer de pre-route on (aan) is, controleert de eerste route de bestaande verbindingen en registreert de positie van alle banen op de printplaat.
- Memory routes
  De memory route bestaat uit korte horizontale of verticale banen. Deze route wordt vooral gebruikt om banen te routeren, die de pads van geheugenchips met elkaar verbinden.
- Horizontale
  Deze route bestaat uit horizontale banen (met een aantal korte banen van 45 graden) op lagen waarvoor horizontale banen zijn gedefinieerd. Uiteraard worden hierbij geen via's geplaatst.
- Verticale
  Deze route bestaat uit verticale banen (met een aantal korte banen van 45 graden) op lagen waarvoor verticale banen zijn gedefinieerd. Ook in dit geval worden geen via's geplaatst.
- L-Route (1 via)
  Een L-route ontstaat wanneer een baan op de ene laag door middel van één via met een baan op een andere laag wordt verbonden.
- Z-route (2 via's)
  Een Z-route bestaat uit drie banen en twee via's die samen de letter Z vormen.
- C-route (2 via's)
  Een C-route bestaat uit drie banen en twee via's die samen de letter C vormen.
- Any node (2 via)
  Aan deze optie kan een Z- of C-route worden toegewezen en worden twee via's geplaatst.

- Any node (3 via)
  Voor deze optie zijn drie via's toegestaan.
- Via minimisation
  Deze optie legt geen verbindingen, maar tracht het aantal via's op de printplaat te reduceren. Hiertoe worden de banen zonodig van de componentenzijde naar de soldeerzijde verplaatst of vice versa. Schakel de optie in eerste instantie uit tijdens het routeren van de printplaat, aangezien deze banen kan veranderen die u met de hand heeft aangelegd. In principe is het beter om **Process Pre-Routes, Any Node (3 via)** en **Via Minimisation** te de-activeren (off) tijdens het instellen van de router. De **Process Pre-Routes**-optie moet wel worden geactiveerd indien u reeds banen met de hand heeft aangelegd.

**Tussenruimten (Separations setup)**
Het Autotrax-programma maakt het mogelijk om zowel de tussenruimte tussen banen en via's als de breedte van de banen te veranderen. De tussenruimte tussen de banen, tussen banen en via's en tussen de via's wijzigen gebeurt met de **Netlist Route Separations Setup**-optie. De standaardwaarde van deze drie opties bedraagt 20 mil.

**Instellen van de router-variabelen (Variable Setup)**
De **Netlist Variable Setup** dient om drie belangrijke variabelen te veranderen. Deze beïnvloeden de routing van de printplaat, waaronder het formaat van het routeraster, de breedte van de banen en het formaat van de via's. Het standaard formaat van het routeraster bedraagt 25 mil. Bij gebruik van 12 mil banen betekent dit een tussenruimte tussen de banen van 13 mil. De standaard baanbreedte bedraagt 12 mil. Om twee banen tussen 50 mil pads aan te leggen moet zowel de baanbreedte als de tussenruimte tussen de banen in 10 mil worden veranderd. Ten slotte kan ook het formaat van de via's, die tijdens het routeren worden geplaatst, worden gewijzigd.

**Routeren van de printplaat (Board)**
De **Netlist Route Board**-optie, de krachtigste optie uit het **Route**-menu, wordt gebruikt om een gedeeltelijk voltooide printplaat of een volledige printplaat te routeren aan de hand van een netlijst. Voordat u begint moet u een aantal voorbereidingen treffen:
- controleer de **Netlist Route Setup**-opties en zorg dat de baanbreedte en de tussenruimte kloppen;
- laad het PLACED.PCB-bestand;
- laad het xxx.NET-bestand, het netlijstbestand dat de informatie over de netverbindingen bevat;
- definieer de verboden gebieden (keep-outs) om andere velden tegen transformatoren, boorgaten en dergelijke te beschermen.

De netlijst kan worden bekeken met de **Netlist Show All Nets**-optie. De dunne witte lijnen vertegenwoordigen de verbindingen die moeten worden gemaakt. Deze groep verbindingen, het ratsnest, vormt in feite de informatie die het programma gebruikt om de banen te plaatsen. Het routing-proces kan beginnen! Kies **Netlist Route Board**, voer een bestandsnaam in voor de resultaten van het routeren. Het routeren wordt nu automatisch uitgevoerd aan de hand van de informatie in de netlijst. De statusregel en de promptregel verschaffen de informatie over het type verbinding dat op een bepaald moment wordt gemaakt.

Het eerste veld op de statusregel vermeldt de tijd die tot dusver is verstreken tijdens het routingproces. De tijd wordt weergegeven in UREN:MINUTEN:SECONDEN. Het volgende veld, **HIGHLIGHT**, is de Recursion Depth Counter. Het getal geeft aan tot welke laag het programma terugkeert om de verbinding te maken. Het eerste veld op de promptregel geeft aan welke route wordt uitgevoerd. Aan de rechterkant verschijnt het aantal geplaatste netten ten opzichte van het totale aantal netten en vervolgens hetzelfde getal in procenten uitgedrukt. Hoe hoger dit getal is, des te eerder de router zijn taak zal hebben volbracht. De router leest elk net uit de netlijst en tracht een verbinding te maken voor de geactiveerde routes.
De gebruikelijke volgorde is:
- Memory routes;
- Horizontale;
- Verticale;
- L-routes;
- Z-routes;
- C-routes;
- Any node (2 via's);
- Any node (3 via's).

Tijdens het routing-proces flitsen dunne horizontale en verticale lijnen over het scherm. Deze vertegenwoordigen de posities waar de router banen tracht te leggen. De router kan op elk tijdstip worden onderbroken, waarna het programma de vraag **CONFIRM ABORT ROUTER** genereert. Na afloop van de routing worden de gegevens automatisch naar schijf geschreven en verschijnt de mededeling **AUTO ROUTER FINISHED**. Uit het uiteindelijke percentage aan de rechterkant van de statusregel is af te leiden hoeveel netten nog met de hand moeten worden geplaatst. Tijdens het handmatig routeren van de resterende verbindingen dient u wel rekening te houden met conventies zoals horizontale banen op de componentenzijde en verticale banen op de soldeerzijde.

**Routeren van één verbinding (Connection)**
Kies **Netlist Route Connection** om een bepaalde verbinding te routeren die via **Netlist Show Nets** is gemarkeerd. Na de boodschap **SELECT CONNECTION** wordt de specifieke verbinding aangewezen en neemt de router het vervolgens over. Na het routeren van de verbinding verschijnt de boodschap **SELECT CONNECTION** nogmaals en kan een volgende verbinding worden gerouteerd.

**Een verbinding met de hand routeren (Manual)**
Om een verbinding met de hand te routeren bent u op de **Netlist Route Manual**-optie aangewezen. Deze optie wordt gebruikt na een automatisch routing, die niet 100% is afgewerkt. Na de boodschap **SELECT CONNECTION** wordt de cursor verplaatst en verschijnt de mededeling **PLACE TRACK** op de promptregel. Op het moment dat u ENTER indrukt zal de baan van het dichtstbijzijnde knooppunt naar de cursorpositie worden gelegd. De cursor zit vast aan de gemarkeerde verbinding om te zorgen dat de banen met de juiste pads worden verbonden. Indien de **Via Mode Auto**-optie aan is (on), plaatst het programma een via zodra u de "+"-toets indrukt om van laag te verwisselen. De **PLACE TRACK** boodschap blijft op het scherm totdat de verbinding geheel gerouteerd is.

**Routeren van een net (Net)**
Een net routeren wordt uitgevoerd met de **Netlist Route Net**-optie. Voer de naam

van het net in of kies uit de lijst in het informatievenster. Het daaropvolgende proces is identiek aan de **Netlist Route Connection**-procedure.

**De pad-naar-pad router (Pad tot Pad)**
Zodra gekozen wordt voor de **Netlist Route Pad to Pad**-optie om een verbinding tussen twee pads te routeren verschijnt de boodschap **ROUTE: SELECT FIRST PAD**. Wijs het eerste pad aan die moet worden verbonden, waarna de boodschap verandert in **ROUTE: SELECT SECOND PAD**. Verplaats de cursor naar het tweede pad, de router komt in actie en bepaalt een route voor de baan. Soms zal de router een via plaatsen om de baan naar de andere kant van de printplaat te leiden. De bewerking met andere pads kan worden herhaald met de **Pad to Pad**-routine.

# Items op de printplaat positioneren

**Inleiding**
Bogen, componenten en banen kunnen met de hand op een printplaat worden opgesteld door middel van de **Place**-optie. Bovendien is het mogelijk om speciale beschermingsbanen te leggen, ook wel externe banen genoemd. Controleer altijd of u de juiste laag voor u heeft voordat u deze opties activeert.

**Positioneren van een boog (Arc)**
Bogen worden meestal gebruikt bij het creëren van eigen componenten of om een boogvormige omtrek op de printplaat te produceren. Na **Place Arc** krijgt u het verzoek om de boog te plaatsen. Verplaats de cursor naar de positie voor de boog en bevestig dit, waarna een witte cirkel verschijnt gevolgd door de boodschap **SELECT ARC RADIUS** (straal vergroten of verkleinen met de PIJL RECHTS-toets respectievelijk de PIJL LINKS-toets). Nu moeten de boogsegmenten worden geselecteerd. De cirkel is verdeeld in vier segmenten. Eén segment loopt van 12 uur naar 3 uur en wordt bestuurd door de PIJL OP-toets. Het volgende segment loopt van 3 uur naar 6 uur en wordt bestuurd door de PIJL RECHTS-toets. Het 6 tot 9 uur segment wordt bestuurd door de PIJL NEER-toets en het vierde segment door de PIJL LINKS-toets. Indien u één van deze toetsen indrukt, wordt het bijbehorende segment verwijderd. De verwijdering kan weer ongedaan worden gemaakt door dezelfde toets nogmaals in te drukken.

**Positioneren van een component (Component)**
Kies **Place Component** en verplaats de cursor naar de positie waar het component moet worden geplaatst. Na het indrukken van ENTER verzoekt het programma u de naam van het component in te voeren of uit het informatievenster te kiezen. Na de boodschap **COMPONENT DESIGNATOR** moet een componentaanduiding worden gespecificeerd (een letter, zoals C, J of R gevolgd door een getal). Wordt een bestaande aanduiding opgegeven, dan verschijnt de waarschuwing **COMPONENT DESIGNATOR IS ALREADY USED**. Na deze stap wordt verzocht een opmerking in te voeren. De opmerkingen verschijnen op de laag die met de **Setup Component Text**-optie is geselecteerd. Hou de opmerkingen zo kort mogelijk! Na het invoeren van de opmerking verschijnt de boodschap **MOVING COMPONENT**. Het component

kan nu naar een andere positie worden verplaatst.

**Creëren van een externe vlak (External Plane)**
Indien een bepaalde laag extra afscherming nodig heeft (bijvoorbeeld om aan de lokale RF-emissie norm te voldoen) kan een gebied volledig met een hekwerk van brede banen worden opgevuld, zelfs als dat vlak reeds gerouteerd is. Wanneer **Place External Plane** is gekozen, genereert het programma de boodschap **SELECT START POINT ON POLYGON.** Definieer nu een gebied dat de vorm van een regelmatige, onregelmatige, convexe of concave polygoon heeft. De boodschap verandert in **SELECT POINT ON POLYGON.** Geef de verschillende toppunten van de polygoon aan en aan de rechterkant verschijnt de **recursion depth counter.** Indien de polygoon niet helemaal is afgemaakt, wordt het laatst gemarkeerde toppunt met het eerste verbonden.

**Positioneren van een kopergebied (Fill)**
Een rechthoekig kopergebied kan met de **Place Fill**-optie worden gepositioneerd. Na de boodschap **SELECT FIRST CORNER** selecteert u de positie voor de eerste hoek. Vervolgens verschijnt een omtrek van de rechthoek, zodat u de hoek nauwkeurig kunt plaatsen. Nu verschijnt de boodschap **SELECT SECOND CORNER.** Verplaats de cursor naar de tweede hoek, waarna het gebied wordt opgevuld.

**Positioneren van een pad (Pad)**
Kies de **Place Pad**-optie, verplaats de cursor naar de gewenste positie. Het padtype wordt bepaald door de instelling in het **Current**-menu. Het standaard type is Round62. Wenst u een ander type, verander dit dan in het **Current**-menu en ga weer verder met het **Place**-menu. Bovendien kunnen Moiré of Cross-Hair patronen worden gekozen ten behoeve van de plots. Aangezien pads deel uitmaken van alle lagen, maakt het niet uit op welke laag een pad wordt geplaatst.

**Positioneren van een string (String)**
Met de **Place String**-optie wordt een string gepositioneerd. Na de specificatie verschijnt de string diapositief op de printplaat en kan nu door de muis naar de gewenste positie worden verplaatst. De hoogte van de string hangt af van de instellingen in het **Current**-menu.

**Positioneren van banen (Tracks)**
Individuele verbindingen kunnen door middel van de **Pad to Pad**-routine van het **Netlist Route**-menu worden gelegd. Kies **Place Track** om de banen met de hand aan te leggen. Na de boodschap **SELECT TRACK START POINT** wordt de cursor verplaatst naar het punt waar de baan moet beginnen. Door nu de muis te bewegen ontstaat een dunne lijn die aangeeft waar de baan zal verschijnen. Bevindt de cursor zich op de juiste plaats, dan wordt het bevestigd en wordt de baan getekend volgens de breedte die met het **Current**-menu is ingesteld. Zoals in de industrie gebruikelijk is worden de banen als verticale en horizontale lijnen of als diagonale lijnen van 45 graden getekend. U kunt echter gerust een baan met een andere hoek tekenen door het **Current**-menu te kiezen en de **Toggle Ortho Mode**-optie op off (uit) te zetten.

**Positioneren van een via (Via)**
De positionering van een via is identiek aan het positioneren van een pad. Kies **Place Via**, verplaats de cursor naar de positie waar de via moet worden getekend.

De maat van de via wordt bepaald door de instelling in het **Current**-menu.

# Herhalen van bewerkingen

**Inleiding**
De **Repeat**-optie plaatst een component, baan, pad of via automatisch een aantal keren op vooraf bepaalde posities. Dit betekent bijvoorbeeld dat u een aantal items in een regelmatig patroon kunt laten opstellen.
Het aantal malen dat een plaatsing moet worden herhaald, wordt met de **Count Default**-optie ingesteld. De X- en Y-offsets bepalen de richting waarin de positioneringen worden uitgevoerd. Wanneer de optie wordt uitgevoerd wordt de voorgaande plaatsing volgens een regelmatig patroon vanaf de positie van die plaatsing gedupliceerd. Om in de richting van de onderkant van de printplaat te dupliceren moet u een negatieve waarde voor de Y-offset opgeven, om naar de linkerkant te dupliceren moet de X-offset negatief worden gemaakt.
Om een herhaal-bewerking te implementeren kiest u **Repeat Execute Repeat**, waarna de **Count Default** nogmaals moet worden ingevoerd zodat het programma zeker weet dat de operatie het gespecificeerde aantal malen wordt uitgevoerd. Vervolgens verschijnt de boodschap **CONFIRM MULTIPLE REPEAT PLACE**.
Na een bevestiging wordt de duplicering uitgevoerd. Het is niet mogelijk om met deze optie gehele verbindingen te kopiëren, dat gaat wel via de **Highlight Duplicate**-optie.

# Veranderen van instellingen

**Inleiding**
Roep het **Setup**-menu aan als de standaard-instellingen (default parameters) van het programma moeten worden veranderd. De gewijzigde instellingen worden opgeslagen en gelden vanaf dat moment als de standaardinstellingen.

**Tekst voor de componenten (Component Text)**
De **Setup Component Text**-optie wordt gebruikt om de laag te specificeren waarop de tekst voor de componenten zal worden geplaatst. Desgewenst kunt u de componententekst ook onderdrukken. Met de **Comments**-optie kunt u **Hide** of **Show** kiezen om de opmerking te onderdrukken respectievelijk te tonen, terwijl u met de **Designator**-optie de aanduiding van het component kunt verbergen of tonen.
De **Setup Component Text Layers**-optie opent een venster met de keuze of de tekst op de koperlaag of op de overlay wordt geplaatst. Indien van multi-layer componenten gebruik wordt gemaakt, wordt de tekst ofwel op de componentenzijde of op de componentenoverlay geplaatst, afhankelijk van de keuze **Copper** respectievelijk **Overlay**.

**Kleuren van de lagen (Layer Colors)**
Bevallen de schermkleuren niet dan kunnen die via de de **Setup Layer Colors**-optie worden aangepast. Het aantal beschikbare kleuren per laag varieert al naar gelang het type monitor. Bij gebruik van een EGA-kaart zijn er 16 kleuren beschikbaar, genummerd van 0 tot 15 (CGA-kaart vier). Indien een laag is uitgeschakeld (off) in

**Setup Toggle Layers**, verschijnt het woord "Off" naast de betreffende laag in het menu. Bij gebruik van een CGA-kaart kunnen de schermkleuren worden veranderd met **Palette Number**. Deze optie heeft geen effect op een EGA-kaart.

**De menukleuren (Menu Colors)**
De kleuren van de pull-down menu's kunnen eveneens worden veranderd. Hiertoe behoren de achtergrondkleur, de kleur van de karakters en de lijnen en de kleur van de schaduw om het menu. Kies **Setup Menu Colors**, de kleuren worden op dezelfde manier veranderd als de kleuren van de lagen. Kies voor het menu niet dezelfde kleur als de kleur van de achtergrondlaag.
Autotrax vergelijkt de kleuren van de menu's niet met de kleuren van de lagen, dus let goed op.

**Functies aan toetsen toewijzen (Keys Assign)**
Dankzij de mogelijkheid om veelgebruikte toetsaanslagen aan functietoetsen toe te wijzen kan de snelheid van de operaties aanzienlijk worden opgevoerd. Indien u een bepaalde reeks toetsaanslagen regelmatig gebruikt, bijvoorbeeld tijdens het plaatsen van pads, kunt u deze als een **macro** definiëren en aan een bepaalde functietoets toewijzen.
Vanaf dat moment kunt u de macro onbeperkt aanroepen door een toets of een toetsencombinatie, zoals SHIFT, CTRL of ALT in combinatie met een functietoets, in te drukken. Naast uw eigen macro's kunt u gebruikmaken van de standaard macro's die deel uitmaken van het Autotrax-pakket.
De volgende opties van het **Keys**-menu kunnen van dienst zijn bij het definiëren van eigen macro's:

- Assign:
  De **Setup Keys Assign**-optie wordt gebruikt om een macro van de huidige functietoets naar een andere functietoets te verhuizen. Het programma verzoekt de naam van de macro of de toets te selecteren en toont een venster de namen van alle macro's die op dat moment aan toetsen zijn toegewezen, of de toetsen waaraan op dat moment macro's zijn toegewezen. Selecteer de macro die u wilt verhuizen. Selecteer in het daaropvolgende invoervenster de functietoets waaraan de macro moet worden toegewezen door de betreffende functietoets of toetsencombinatie in te drukken. Ten slotte keert u weer terug naar het selectievenster.
- Clear:
  Kies de **Setup Keys Clear**-optie indien alle macro's uit het geheugen moeten worden verwijderd. Hoewel de macro's uit het geheugen worden verwijderd, blijft het bestand op schijf gehandhaafd.
- Delete:
  De **Delete**-optie wordt gebruikt om één of meer macro's uit het geheugen te verwijderen. De macro's worden niet uit het .KEY-bestand gewist tenzij u de nieuwe macro's wilt opslaan. Zodra u een macro heeft geselecteerd, bevestigt u de wisoperatie door **Yes** te kiezen of annuleert u de operatie met **No**.
- Edit
  Een gedefinieerde macro kan worden gewijzigd door stappen toe te voegen of te verwijderen. Na de macroselectie opent het programma een editvenster. Bovenaan dit venster verschijnen de naam van de macro en de bijbehorende functietoets. Het venster toont alle toetsaanslagen waaruit de macro bestaat. Op de gebruikelijke wijze kan de

macro nu worden aangepast.

- List:
  Deze optie genereert een lijst van de namen van de huidige macro's of de toetsnamen in een informatievenster.
- Load:
  Kies deze optie door de cursorbalk naar het woord "Load" te verplaatsen. De reden hiervan is dat de **List**-optie ook met een L begint en vóór Load in de lijst voorkomt. Het programma opent een invoervenster dat de standaardspecificatie *.KEY bevat. Om een nieuw .KEY-bestand te laden specificeert u de bestandsnaam. Selecteer een bestand en kies vervolgens **Yes** om het bestand daadwerkelijk te laden of **No** om met lege handen naar het **Keys**-menu terug te keren.
- New:
  Een nieuwe toetsmacro kan op twee manieren worden gedefinieerd. Ten eerste via de **Setup Keys New**-optie, die een invoervenster opent waarin u de naam voor de nieuwe toetsmacro invoert. Een volgend venster verzoekt u de toets te selecteren waaraan de macro moet worden toegewezen. U kunt de standaardwaarde accepteren of een andere functietoets of toetsencombinatie indrukken. Vervolgens wordt het macro editvenster geopend om de toetsaanslagen in te voeren die de macrodefinitie zullen vormen.
- Record:
  De tweede manier om een macro te definiëren bestaat uit een registratie (record) van de toetsaanslagen. Dit betekent dat tijdens het invoeren van de macrostappen meteen het effect dat een toetsaanslag op de printplaat heeft kan worden beoordeeld. Wanneer u de **Setup Keys Record**-optie heeft gekozen, geeft u net zoals bij de New-optie een naam en een toets voor de macro op en genereert de computer een piepsignaal.
- Rename:
  Kies **Setup Keys Rename** om de naam van een macro, dus niet de toets, te veranderen. Vervolgens moet u de naam van de macro in kwestie invoeren gevolgd door de nieuwe naam. Indien de nieuwe naam reeds bestaat verschijnt de waarschuwing **KEY MACRO NAME ALREADY USED.**
- Save:
  Zodra een aantal macro's zijn gewijzigd of nieuwe macro's gedefinieerd moeten ze naar een bestand worden weggeschreven voor toekomstig gebruik. Indien de gespecificeerde bestandsnaam reeds bestaat, verschijnt de waarschuwing **KEY MACRO FILE EXISTS. OVERWRITE?.**

**Instel-opties**

Het **Setup Options**-menu maakt het mogelijk om een aantal belangrijke programmafuncties te veranderen. De **Auto Pan** kan ofwel aan (on) zijn of uit (off). Is de optie ingeschakeld dan kan een ander gedeelte van de kaart te voorschijn worden getoverd door de cursor naar de rand van het scherm te verplaatsen. Erg makkelijk als met een krachtige microcomputer wordt gewerkt die het scherm snel herschrijft. De **Backup**-optie is van vitaal belang om het verlies van grote ontwerpen te voorkomen. De functie maakt standaard elke 30 minuten een backup. Deze waarde kan in elk aantal minuten worden aangepast. Kies **Setup Options Backup**, waarna in het invoervenster de naam van het backupbestand verschijnt **TRAXEDIT.ABK.** Tevens wordt de tijdsduur tussen twee backups weergegeven. Is het werkstuk toch verloren gegaan, dan kan

het backupbestand worden hernoemd met het DOS-commando RENAME.
De **Cursor Type**-optie wordt gebruikt om de cursor van een klein kruisje in een groot kruis of een pijl te veranderen. Veel gebruikers prefereren de pijl omdat deze beter opvalt op een printplaat met veel componenten en banen. Deze optie genereert een menu met de genoemde mogelijkheden. Het **Drag**-menu bepaalt het lot van de banen in het geval een component vanaf de originele positie op de kaart wordt verplaatst. Het menu omvat drie opties: alle banen worden meeverplaatst, alleen de verbonden banen of helemaal geen banen. De laatste optie betekent dat het programma bij elke componentverplaatsing een vraag genereert, waarna aan de hand van het componenttype en het aantal betrokken banen een beslissing kan worden genomen. Normaliter legt het Autotrax-programma de banen volgens de orthogonale methode (industrie standaard), dat wil zeggen dat deze horizontaal, verticaal of met een hoek van 45 graden worden gelegd. Indien echter de **Ortho Mode**-optie wordt uitgeschakeld (off) is het mogelijk om banen met willekeurige hoeken te tekenen.
De **Via Mode Auto**-optie wordt gebruikt om de via's automatisch te laten plaatsen tijdens het positioneren van de banen. De opties zijn "on" en "via". Indien de optie aan is, plaatst het programma automatisch een via als tijdens het positioneren van een baan naar een andere laag wordt omgeschakeld en daar een andere baan plaatst.

**Definiëren van de padtypen**
Deze optie biedt een aantal krachtige functies voor het definiëren van eigen padtypen. De **Clear**-optie verwijdert alle huidige gedefinieerde padtypen uit het geheugen. Gebruik deze optie alleen indien u daadwerkelijk alle definities wilt verwijderen. Een paar typen verwijderen gebeurt met de **Delete**-optie. Deze opent een venster met de padtypen die momenteel beschikbaar zijn. Selecteer het betreffende type en bevestig de wisoperatie door **Yes** te kiezen of kies **No** om de operatie te annuleren. Een bestaande paddefinitie kan worden veranderd met behulp van de **Edit**-optie. Deze optie genereert een venster dat een overzicht van de actieve paddefinities bevat. Na een selectie worden de attributen van het pad weergegeven. Deze kunnen zonder meer worden gewijzigd. Het programma voert achter de schermen een aantal controles uit om te voorkomen dat een pad met vreemde attributen wordt gedefinieerd. Wordt bij voorbeeld een Surface Mount Device (SMD) gespecificeerd, heeft het weinig zin om een gatmaat te specificeren. Het heeft ook geen zin om een gatmaat te specificeren die groter is dan de diameter van het pad.
De **List**-optie genereert een overzicht van alle padtypen die momenteel in het geheugen aanwezig zijn. De **Load**-optie wordt gebruikt om de paddefinities vanuit een bestand in het geheugen te laden. Voer de bestandsnaam in het venster in of type *.PAD voor een overzicht van alle bestanden met paddefinities. Deze optie overschrijft de padtypen die reeds in het geheugen aanwezig zijn. Is het niet de bedoeling om de bestaande definities te overschrijven en moeten slechts een aantal typen aan de definities in het geheugen worden toegevoegd, dan moet de **Merge**-optie worden gebruikt. De werking van deze optie komt overeen met de **Load**-optie met dit verschil dat de definities aan de definities in het geheugen worden toegevoegd in plaats van deze te overschrij-

ven. Het enige probleem dat de **Merge**-optie kan veroorzaken is het feit dat Autotrax maximaal 48 paddefinities in het geheugen per keer kan opslaan. Een nieuw pad definiëren geschiedt via de **New**-optie. Vervolgens presenteert het programma de attributen van de paddefinitie van het standaardtype dat in het **Current**-menu is ingesteld. Teneinde een nieuw padtype te definiëren verandert u gewoon de attributen zoals bij de **Edit**-optie is beschreven. De laatste optie uit dit menu, **Save**, wordt gebruikt om de paddefinities op te slaan. Kies **Setup Pads Save**, voer een bestandsnaam in en klik met de linker muisknop of druk ENTER in. Het bestand krijgt automatisch de extensie .PAD toegewezen.

**Herschrijven (Redraw)**
De **Redraw**-optie dient om de kwaliteit te bepalen waarmee bogen, kopergebieden, pads, strings, banen en via's worden herschreven. De keuze bestaat uit "draft" (voorlopig) en "final" (definitief).

**Standaard teksthoogte (String)**
De term string verwijst naar de karakters, die worden gebruikt voor de componentaanduidingen, opmerkingen en andere tekst op de printplaat. De standaardwaarde voor de hoogte van de karakters bedraagt 60 mil. Deze waarde kan worden gewijzigd door een waarde tot maximaal 1000 mil in te voeren.

**In- en uitschakelen van lagen (Toggle Layers)**
Deze optie wordt gebruikt om aan te geven of een laag al dan niet moet worden weergegeven. Aangezien er maximaal dertien lagen ter beschikking staan, is het niet verstandig om alle lagen tegelijkertijd te laten weergeven.

Selecteer een laag en verander deze van on in off of omgekeerd:

- Top layer:
  Deze laag wordt ook wel de componentenzijde genoemd, omdat op deze laag componenten en banen worden opgesteld die niet op de soldeerzijde kunnen worden gerouteerd.
- Mid layer 1,2,3,4:
  Dit zijn de signaaldragende lagen, die in multi-layer printplaten worden toegepast. Deze lagen kunnen worden gerouteerd.
- Bottom layer:
  Deze laag wordt ook wel de soldeerzijde genoemd en wordt gebruikt voor het routeren van de banen.
- Top overlay:
  Op deze laag wordt meestal tekst geplaatst.
- Bottom overlay:
  Deze laag wordt gebruikt voor opmerkingen over items op de soldeerzijde.
- Ground Plane:
  De ground plane wordt gebruikt om gevoelige gedeelten van de schakeling te beschermen en de uitgestraalde energie te reduceren. Deze laag bestaat uit een aparte koperen plaat, die tussen de andere lagen zit vastgeklemd. Het koper bevat gaten op de plaatsen waar de aansluitdraden naar andere lagen doorlopen teneinde contact met het koper te voorkomen.
- Power plane:
  De power plane kan grote stromen verdragen en vertoont verder veel overeenkomst met de ground plane.
- Board layer:
  De board layer vervult een gelijksoortige functie als de keepout laag en wordt bijvoorbeeld gebruikt om de begrenzingen van een printplaat in een plot weer te geven, maar de andere keep-

outs niet.

- Keepout layer:
  Deze belangrijke laag wordt gebruikt om keepout gebieden op de printplaat of de begrenzingen van de printplaat te definiëren. Schakel de keepout laag in en selecteer de laag door de "+"-toets op het numerieke toetsenbord in te drukken. Leg nu banen precies om de begrenzingen van de printplaat. Aangezien de keepout laag alle lagen beïnvloedt, zal de router geen banen buiten deze grenzen kunnen plaatsen.
- Multi-layer:
  Deze laag wordt gebruikt om de kleur voor multi-layer items zoals pads en via's te definiëren.

**De UN-DELETE optie**
De **Un-delete**-optie maakt het mogelijk om abusievelijk gewiste items terug te halen. Na de keuze **Un-delete** wordt verzocht om de **UN-DELETE COUNT** te specificeren. Dit is het aantal gewiste items die u op de printplaat wilt terughalen. Het programma zal vervolgens de gewiste items herstellen, te beginnen met het laatst gewiste item.

# Vergroten of verkleinen

**Inleiding**
De schermweergave kan worden vergroot of verkleind met de **Zoom**-optie van het MAIN MENU.

**Herschrijven van het scherm (Redraw)**
Kies **Zoom Redraw** om het huidige scherm volgens de huidige vergrotingsfactor te herschrijven. Dit komt vooral van pas wanneer u een aantal banen of componenten heeft verwijderd. Hetzelfde effect wordt bereikt door de END-toets op een willekeurig tijdstip in te drukken.

**Cursorbesturing (Pan)**
Wanneer de **Auto Pan**-optie op on is ingesteld, zal de cursor naar het volgende scherm springen zodra de cursor de rand van het scherm bereikt. Wanneer voor de **Zoom Pan**-optie is gekozen, wordt de huidige cursorpositie het middelpunt van het scherm. Dit is nuttig als **Auto Pan** is uitgeschakeld met de **Setup Options Auto Pan Off**-functie.

**Vergroten van de weergave (Expand)**
**Zoom Expand** wordt gebruikt om met een sterkere vergroting te werken. Het scherm wordt leeggemaakt en vervolgens herschreven, waarna meer details van de items op de printplaat worden weergegeven. De vergrote weergave wordt gecentreerd om de huidige cursorpositie tenzij deze zich aan de rand van de printplaat bevindt. Door het proces te herhalen wordt de weergave één niveau vergroot. Het programma biedt zes zoomniveaus. Op het laagste niveau vertegenwoordigt één pixel 100 mil en op het hoogste niveau 1 mil.

**Verkleinen van de weergave (Contract)**
Deze optie werkt tegenovergesteld aan de **Expand**-optie. Elke keer dat **Contract** wordt geselecteerd, wordt het scherm herschreven en één niveau verkleind.

**Totaal overzicht van de printplaat (All)**
Kies de **Zoom All**-optie om een totaal overzicht van de printplaat te krijgen. Hebt u de afmetingen van de kaart tijdens een sessie veranderd, dient u eerst **Information Board** te kiezen. Het programma zal dan een schaalfactor berekenen zodat de printplaat exact op het scherm past.

**Zoomfactor (Keyboard)**
De **Zoom Keyboard**-optie wordt gebruikt om de zoomfactor rechtstreeks te specificeren. Het bijbehorende invoervenster bevat meestal een standaardwaarde die met een nieuwe waarde kan worden overschreven. Een hogere waarde houdt in dat de weergave van de printplaat kleiner wordt.

**Selecteren van een zoomfactor (Select)**
Kies met deze optie één van de zeven standaard zoomfactoren. Verplaats de cursorbalk naar de gewenste waarde en druk ENTER in. Het scherm wordt herschreven volgens de geselecteerde zoomfactor.

**Specificeren van een zoom-venster (Window)**
Wanneer een bepaald gedeelte van en printplaat nader moet worden bestudeerd, moet voor de **Zoom Window**-optie worden gekozen. Selecteer vervolgens de eerste hoek van het venster en verplaats de cursor naar de tegenovergestelde hoek van het toekomstige venster. Aansluitend verschijnt een kader dat de omtrek van het venster voorstelt. Na de boodschap **SELECT SECOND CORNER** wordt deze omtrek bevestigd (of niet) en wordt het venster tot schermformaat opgeblazen.

## Nadere gegevens

**Importeur**
Protel-Autotrax wordt in Nederland geïmporteerd door Klaasing Electronics, Beneluxweg 37, 4904 SJ Oosterhout, telefoon 01620 - 81600.
Het pakket wordt geleverd met een zeer uitgebreide engelstalige handleiding en kost rond de *f* 2.500,00 ex. BTW.

**Protel-Easytrax**
Van Autotrax bestaat een vereenvoudigde en veel goedkopere versie Easytrax. Dit pakket heeft alle belangrijke faciliteiten van Autotrax en is uitstgekend bruikbaar voor iedereen die niet dagelijks met het ontwerpen van printen te maken heeft. Doorgroei naar Autotrax is zonder meer mogelijk. Dit pakket kost *f* 650,00 ex. BTW.

# 3/8.9.3

# Torbase, een transistor database

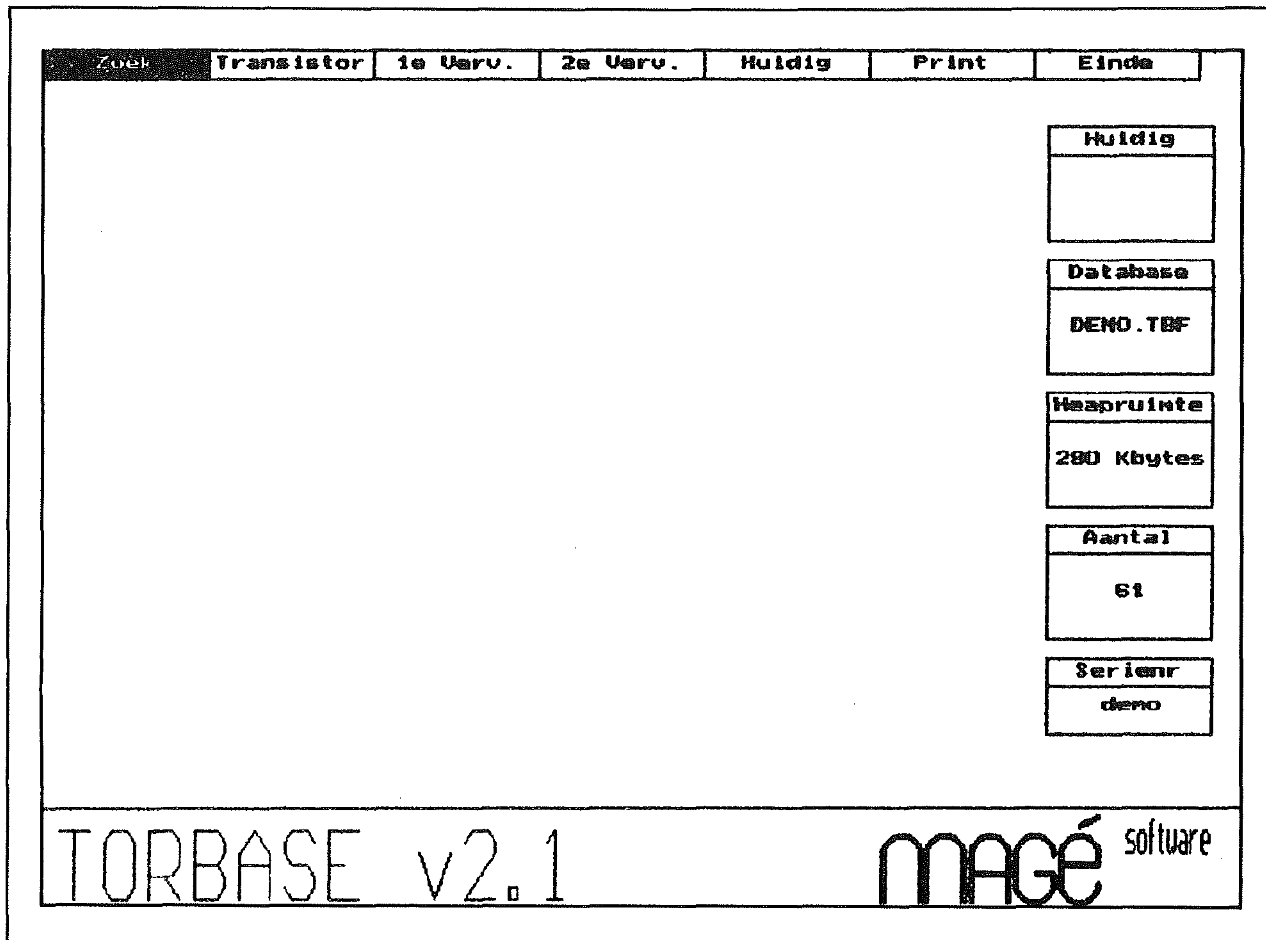
**Inleiding**
Er bestaan tienduizenden verschillende typen van transistoren. Een heleboel daarvan hebben echter vrijwel identieke karakteristieken. De vraag is natuurlijk welke transistoren het beste als vervanger of equivalent van een ander gebruikt kunnen worden. Een probleem, niet alleen voor de professionele elektronicus maar nog meer voor de doe-het-zelver, die immers niet over dezelfde hoeveelheid databoeken beschikt als de professional.
Er zijn natuurlijk tientallen boeken en lijsten met equivalenten-overzichten in de handel. Sommige daarvan zijn goed bruikbaar, andere nauwelijks geschikt voor hobby-gebruik vanwege de veelheid aan overbodige informatie die wordt gegeven.
Maar nu echter steeds meer zaken per computer worden geregeld zou het voor de hand liggen dergelijke equivalentenlijsten per computer te benaderen. Dergelijke klussen zijn immers als geschapen voor een computer met zijn snelle zoek en vergelijk mogelijkheden.

**Torbase**
Sinds kort kan dat en wel voor een zeer aantrekkelijke prijs. Door de firma Magé uit Enschede wordt het Nederlandstalige programma Torbase op de markt gebracht. Dat is een "Transistor Database Systeem" waarin de gegevens van ongeveer 12.000 transistoren zitten opgeslagen. Dat zijn zowel Europese, Amerikaanse als Japanse halfgeleiders. Bovendien bevat de database niet alleen de gegevens van normale bipolaire transistoren, maar ook van allerlei soorten FET's.

**Hardware eisen**
Torbase is ontwikkeld voor de PC-omgeving en kan dus geïnstalleerd worden op iedere PC-compatibele computer.
Wel is vereist dat er een harde schijf in het systeem aanwezig is en dat er op deze schijf ongeveer 2 MB vrije ruimte is.
Daarnaast moet het systeem zijn voorzien van een Hercules, EGA of VGA videokaart. Let dus op dat een CGA- of een MDA-kaart niet bruikbaar is! Maar dat zijn twee volstrekt verouderde standaarden en de kans dat er op dit moment nog een PC-systeem met alleen die standaarden aanwezig is, is niet zo groot.
Het systeem moet verder zijn uitgerust met minimaal 512 kB RAM-geheugen, ook al een eis die tegenwoordig nauwelijks nog problemen zal geven.
Het pakket wordt zowel op 3.1/2 of 5.1/4 diskettes uitgeleverd.

**Het gebruikersscherm**
Na het laden van het programma verschijnt het enige en zeer overzichtelijke gebruikersscherm in beeld. Dit is voorgesteld in figuur 3/8.9.3-1.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.3-1:** Het gebruikersscherm van Torbase.

Op een kleurenscherm (EGA of VGA, dus) verschijnt het gebruikersscherm in vier kleuren in beeld.

**Selecties**

De bovenste regel van het scherm bevat de menubalk van het programma. Met de cursortoetsen kan men een van de selecties:

- Zoek;
- Transistor;
- Eerste vervanger;
- Tweede vervanger;
- Huidig;
- Print;
- Einde;

activeren.

Deze selectie wordt geïnverteerd weergegeven en wordt uitgevoerd na het drukken van de ENTER-toets.

Rechts staan een aantal vakjes waarin technische informatie over en versienummer van het programma wordt gegeven, onder andere de naam van de database.

**Zoek**

Na het selecteren van "Zoek" verschijnt het plaatje van figuur 3/8.9.3-2 in beeld.
Men moet nu een typenummer van een transistor intoetsen.
Het programma is daarbij niet kieskeurig en accepteert spaties die niet horen en kleine of grote letters.

## 8.9 Software voor de ontwerper

**Figuur 3/8.9.3-2:** Het invulscherm na de selectie "Zoek".

Wil men bijvoorbeeld de BC107 opzoeken, dan maakt het niet uit of men "BC107", "bc 107" of "BC 107" intoetst.

Kent het programma de transistor niet, dan wordt dit gemeld en wordt het openingsscherm opnieuw in beeld gebracht. Zit de halfgeleider echter wél in de database, dan verschijnt onmiddellijk het informatiescherm van figuur 3/8.9.3-3 in beeld.

**Het informatiescherm**

Het informatiescherm geeft weliswaar niet veel informatie over de gekozen transistor, maar wel net genoeg om er in de praktijk goed mee te kunnen werken.

In een kader links worden de voornaamste elektrische parameters van de halfgeleider gegeven:

- het type;
- de code van de behuizing;
- de maximale collector-basis spanning;
- de maximale collector-emitter spanning;
- de maximale sperspanning tussen basis en emitter;
- de maximale collectorstroom;
- het maximaal te dissiperen vermogen;
- de versterkingsfactor Hfe;
- de basisstroom waarbij deze versterkingsfactor werd gemeten;
- twee equivalente halfgeleiders, die ook in de database aanwezig zijn.

**8.9 Software voor de ontwerper**

Zoek | Transistor | 1e Verv. | 2e Verv. | Huidig | Print | Einde

2e Vervanger Data
Transistor :2N5818
Type :NPN
Aansluiting :AT
Vcb max. :50 V
Vce max. :40 V
Veb max. :5 V
Ic max. :0.75 A
P tot. :0.5 W
Hfe :150 MN
Hfe bias :0.002 A
1e Vervanger:BC337
2e Vervanger:2N5818

Transistor
E C B

Toepassingsgebieden
-NF toepassingen
-Driver trap

Huidig
BC547
Database
TORREN.TBF
Heapruimte
445 Kbytes
Aantal
11947
Serienr
008941

TORBASE v2.1 (c) 1989/1990/1991 magé software

**Figuur 3/8.9.3-3:** Dit informatiescherm verschijnt in beeld nadat een in de database aanwezige transistor in ingevoerd.

In het midden van het scherm verschijnen twee kadertjes, waarin de behuizing en aansluitcodering van de halfgeleider grafisch worden voorgesteld en waarin de belangrijkste toepassingsgebieden van de halfgeleider worden opgesomd.

**Eerste en tweede vervanger**
Door de menu-selecties eerste of tweede vervanger aan te klikken verschijnen de gegevens van de door het programma geselecteerde vervangers automatisch in beeld. Na deze twee menu-selecties ziet het scherm er uit zoals voorgesteld in figuur 3/8.9.3-4.

**Overige selecties**
Door de menu-selectie "Transistor" aan te klikken zullen de gegevens van de in eerste instantie ingevoerde transistor weer in beeld verschijnen. Door na de selecties "Eerste vervanger" of "Tweede vervanger" de selectie "Huidig" te kiezen wordt een van de vervangers de actuele transistor. Vaak kan men, door dan weer de vervanger-opties te kiezen andere equivalente transistoren op het scherm krijgen.

De print-optie, tot slot, zal duidelijk zijn. Met deze optie kan men de gegevens van het scherm op papier printen.

**De database**
Het database-bestand zélf, TORREN.TBF genoemd, is geen tekstfile. En dat is natuurlijk best jammer, want het is nu niet mogelijk zélf gegevens van nieuwe transistoren in te voeren. Men moet het doen met de ongeveer 12.000 exemplaren die door de fabrikant geleverd worden.

## 8.9 Software voor de ontwerper

Zoek | Transistor | 1e Verv. | 2e Verv. | Huidig | Print | Einde

2e Vervanger Data
Transistor :2N5818
Type :NPN
Aansluiting :AT

Vcb max. :50 V
Vce max. :40 V
Veb max. :5 V

Ic max. :0.75 A
P tot. :0.5 W
Hfe :150 MN
Hfe bias :0.002 A

1e Vervanger:BC337
2e Vervanger:2N5818

Transistor
E C B

1e Verv.
E B C

2e Verv.
E B C

Toepassingsgebieden
-NF toepassingen
-Driver trap

Huidig
BC547

Database
TORREN.TBF

Heapruimte
445 Kbytes

Aantal
11947

Serienr
008941

TORBASE v2.1 (c) 1989/1990/1991 magé software

**Figuur 3/8.9.3-4:** Het volledige informatiescherm van Torbase.

### Updates

Wie echter Torbase koopt, kan zich abonneren op een update-service. Voor *f* 49,00 per update krijgt men dat twee keer per jaar de laatste versie van de database toegestuurd.

### De gemiste kans

Op zich is Torbase een leuk en nuttig programma. Maar wie de moeite doet de gegevens van 12.000 transistoren in een database te verwerken zou met deze gegevens zo veel meer kunnen doen!
Heel handig en nuttig zou bijvoorbeeld een voorziening zijn waarmee men de gegevens van een in een schakeling theoretisch gewenste transistor zou kunnen invoeren.
Dus type, soort, maximale spanningen, stromen, etc.
Nadien zou het programma dan in de database alle transistoren kunnen opzoeken die aan de eisen voldoen en deze op het scherm zetten. Op deze manier zou men, zonder in tientallen data-boeken te moeten zoeken, heel snel er achter kunnen komen of een van de transistoren in de ongetwijfeld bij iedere actieve elektronicus aanwezige "transistorbak" aan de eisen voldoet. Iets voor de volgende versie?

### Nadere gegevens

Torbase is een ontwikkeling van Magé Software uit Enschede.
Het pakket kost *f* 99,00 inclusief BTW.

Het pakket wordt op de markt gebracht door Uitgeverij WEKA BV uit Amsterdam, telefoon 020- 6867131.
Abonnees van Weka kunnen het pakket bestellen voor *f* 79,00 inclusief BTW.

## 8.9 Software voor de ontwerper

# 3/8.9.4

# Qaplus, een PC hardware tester

## Inleiding

### PC hardware repareren

Steeds meer elektronica hobbyisten beschikken over een PC. Daardoor krijgt de elektronica-hobby een geheel nieuwe uitdaging: het herstellen van deze PC als deze onverhoopt stuk mocht gaan. Maar helaas is de elektronica van een gemiddelde PC zeer complex en niet te vergelijken met de normale elektronische schakelingen die de doe-het-zelver op zijn werktafel heeft staan.

Ook software-fabrikanten onderkennen dit probleem en brengen pakketten op de markt, waarmee men de werking van een gedeeltelijk defecte PC kan onderzoeken. Met deze pakketten kan men alle hardware onderdelen van het systeem grondig testen. De software genereert in de meeste gevallen een rapport op het scherm, waarin duidelijk vermeld staat welke onderdelen van de PC in orde zijn en in welke onderdelen er waarschijnlijk hardware fouten zitten.
Aan de hand van een dergelijk rapport wordt het in ieder geval een stuk gemakkelijker om de foute onderdelen op de moederprint op te sporen en te vervangen.
In de meeste gevallen is een defect in een computer immers te herleiden tot een defect IC en het volstaat dan dit defecte IC uit de print te solderen en door een nieuw IC te vervangen.

Uiteraard hebben deze hardware-testers één grote beperking. Het systeem moet nog wel in dergelijke mate functioneren dat de monitor het doet, dat de disk drive gelezen kan worden en dat het toetsenbord functioneert. Maar heeft men problemen met uitbreidingskaarten of de poorten van het IC of krijgt men voortdurend "Memory Interrupt" foutmeldingen op het scherm, dan kan een dergelijke software-tester een uitstekend hulpmiddel zijn om het systeem hardwarematig te testen.

### Qaplus

Qaplus is een programma dat volledig op het testen van PC onderdelen gericht is. Daarnaast kan dit programma gebruikt worden om allerlei conflicten tussen de verschillende onderdelen in een computer te verhelpen. Zo kan de gebruiker bijvoorbeeld alle in gebruik zijnde interrupts zien.
Dit kan handig zijn bij de installatie van onder meer netwerk-, modem- en faxkaarten, omdat daarbij vrijwel altijd een interrupt moet worden ingesteld.

### Mogelijkheden

Enkele van de mogelijkheden zijn:

- testen van de processor van XT's of AT machines;
- DMA en interrupt controller test;
- testen van geheugenchips en slechte chip(s) aanwijzen;
- testen van weergave op beeldscherm en printer;
- testen van harddisk en diskette drives;
- bij harddisks een low-level format uitvoeren;
- uitgebreid aangeven welke interrupts door programma's of hardware worden bezet.

**Conflicten**

Als het gaat om het opsporen van geheugen problemen tussen programma's is het aan te raden eerst zoveel mogelijk niet noodzakelijke insteekkaarten te verwijderen. Men kan dan telkens een kaart bijplaatsen en kijken of er een conflict optreedt en zo door uitsluiting het conflict opsporen.
Daarnaast is het verstandig een overzicht te maken van bekende interrupts en startadressen van insteekkaarten.

Een voorbeeld van een conflict tussen twee insteekkaarten is een netwerkprogramma dat de netwerkkaart niet kan benaderen doordat er een seriële poort op dezelfde interrupt zit.

Een voorbeeld van een conflict tussen software en andere software is datzelfde netwerkprogramma dat zijn kaart niet kan benaderen omdat de gebruiker het geheugengebied dat de kaart gebruikt niet van gebruik voor expanded geheugen heeft uitgesloten in het CONFIG.SYS.

Bekend is ook dat modems wel eens problemen hebben met een muis die op een naastliggende slot is aangesloten.

**Residente software**

Datzelfde geldt voor veel, vooral residente, software die door een gebruiker in het geheugen geladen wordt. De volgorde waarin residente programma's werken is onder andere van belang.
Dit geldt voor programma's (vaak drivers) die via het CONFIG.SYS geladen worden maar ook voor (residente) programma's die vanaf de DOS prompt of een batchbestand geladen worden zoals tapestreamer en fax software.

**Multitaskers**

Wanneer programma's een resident en een niet resident deel hebben en men wil dit programma gebruiken in een multitasker dan is het in de regel zo dat het residente deel vóór het starten van de multitasker geladen moet worden.
Het eigenlijke programma kan dan in een window worden opgeroepen.

**De normale opstart-procedure van een PC**

Als men een computer aanzet begint als eerste de ventilator te draaien. Daarna komt een melding van het BIOS van het systeem. Daarna zal het systeem een aantal BIOS instructies uitvoeren om de verschillende onderdelen van het systeem te benaderen. Deze procedure wordt POST genoemd, hetgeen Power On Self Test betekent. Hierbij hoort ook het tellen en tegelijk testen van het aanwezige geheugen. Doordat dit relatief lang duurt en computers steeds meer geheugen bezitten kan in moderne BIOS-versies de geheugentest met de ESC-toets worden afgebroken.

**Boot-record zoeken**

Zodra de voeding gaat werken gaat een aanwezige harde schijf draaien. Na de geheugentest zal elke PC vanaf de floppy

drive A: proberen te starten. Is deze niet aanwezig dan zal het systeem van de harde schijf proberen te starten. De op de disk gelezen boot-record bevat informatie die leidt tot het opstarten van het aanwezige besturingssysteem. MS-DOS zal automatisch naar een eventueel aanwezig CONFIG.SYS en/of AUTOEXEC.BAT zoeken.

**Foutmeldingen van het BIOS**

Wanneer zich problemen voordoen zal het systeem tijdens de opstartprocedure (meestal) blijven steken. De huidige BIOS programma's laten afhankelijk van een gevonden (hardware) probleem een aantal geluidsignalen horen. De betekenis daarvan staat meestal in de handleiding van het moederbord.

Het BIOS van de computer kan met een aantal foutmeldingen komen. Foutmeldingen voor een harde schijf verschijnen vrijwel direct. Bij problemen op het moederbord kan het soms wel 10 minuten duren voor het systeem met een foutmelding komt.

De belangrijkste foutmeldingen voor een IBM BIOS zijn in de tabel van figuur 3/8.9.4-1 samengevat. De x kan een willekeurig cijfer zijn.

| | |
|---|---|
| 02x | Voeding |
| 01xx | Moederbord |
| 02xx | Geheugen |
| 03xx | Toetsenbord |
| 04xx | Monochroom video monitor/adapter |
| 05xx | CGA videokaart |
| 06xx | Diskette drives |
| 07xx | Numerieke co-processor |
| 09xx | Printerpoort (LPT1) |
| 10xx | Andere printerpoort (LPT2) |
| 11xx | Seriële poort (COM1) |
| 12xx | Andere seriële poort (COM2) |
| 17xx | Harde schijf en/of controller |
| 24xx | EGA adapter of scherm |
| 30xx | Netwerk kaart |
| 39xx | PGA adapter of scherm |
| 48xx | Intern modem |
| 73xx | Externe 3.5 inch drive |
| ROM ERROR CRC | Fout in ROM geheugen |

**Figuur 3/8.9.4-1:** De belangrijkste foutmeldingen van een IBM BIOS.

| | |
|---|---|
| Keyboard is locked: | toets van het toetsenbord zit vast |
| Keyboard failure: | toetsenbord hangt of is stuk |
| ROM bad checksum=xxx: | ROM chips zijn stuk |
| Hard Disk Failure: | harde schijf niet geformatteerd, niet gepartitioneerd of kapot |
| Controller Failure: | harde schijf controller stuk |
| Display Adapter failed: | probleem met de videokaart |
| Checksum error on extended CMOS: | de CMOS-geheugen informatie (specificaties drives etc.) is verkeerd, gewist of leeg. Dit is meestal een probleem met de batterij (in AT's). Als de systeemconfiguratie is gewijzigd wordt men meestal naar het setup programma gedwongen als dit in de BIOS chips aanwezig is. Zo niet, dan moet men vanaf een diskette starten. |

**Figuur 3/8.9.4-2:** De belangrijkste foutmeldingen van de AMI of Phoenix BIOS.

Veel klonen hebben een AMI (American Megatrends Inc.) of een Phoenix AT BIOS. Hun foutmeldingen laten wat meer tekst zien dan bij een IBM BIOS. Beide werken met geluidsignalen en lijken vrij sterk op elkaar.
De belangrijkste meldingen daarvan zijn samengevat in figuur 3/8.9.4-2.

**Problemen met Hercules**
Sommige goedkope, maar veel verkochte, AT-klonen (12-16 MHz) worden geleverd met een goedkope Hercules(/CGA) kaart die tijdens het opstarten niet snel genoeg is. Daardoor is er soms geen beeld. Dit is te verhelpen door de turbo schakelaar uit te zetten tijdens het opstarten.

# Qaplus

**Installatie**
Het programma kan vanaf diskette of harde schijf gestart worden door het intikken van QAPLUS gevolgd door de Enter toets. Configuraties met een Hercules grafische kaart moeten het statement "DEVICE=QAHERC.SYS" in het CONFIG.SYS opnemen en daarna eerst booten. In het openingsscherm is meteen een lijst met de algemene systeem configuratie te zien. In figuur 3/8.9.4-3 is de configuratie weergegeven van een 80386 systeem met 4 MB geheugen waarvan 3 MB door QEMM is omgezet naar expanded geheugen. Het extended geheugen is daarom 0 kB en het expanded geheugen heeft nog 16 (geheugen)pagina's beschikbaar. Daarnaast zijn twee seriële en een parallelle poort aanwezig, 2 harde schijven en een muis.

Na het openingsscherm verschijnt het hoofdmenu van figuur 3/8.9.4-4 in beeld.

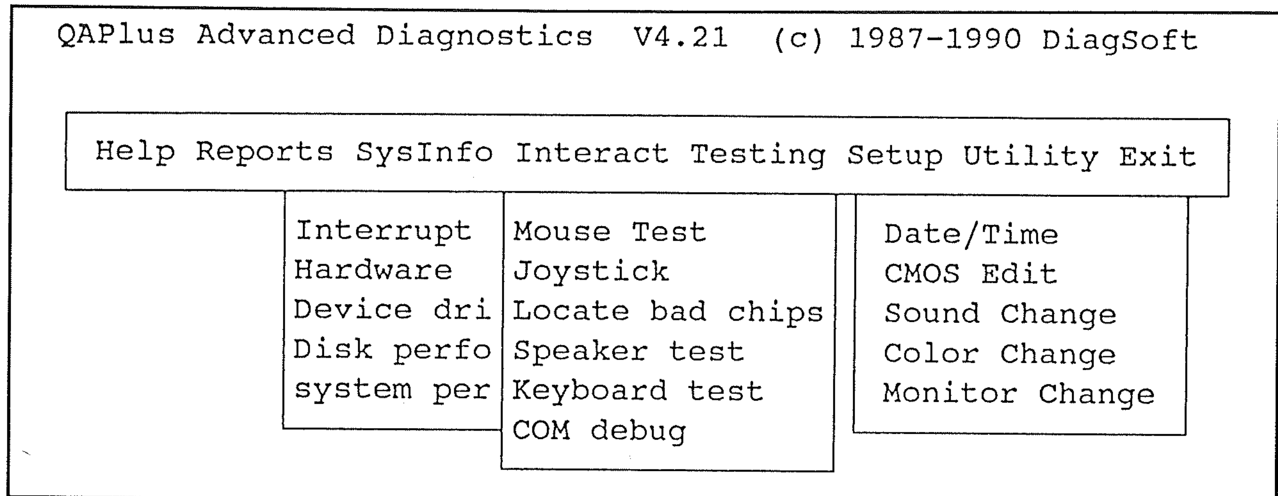
Met de cursortoetsen of een muis kan men uit het horizontale menu kiezen. Automatisch verschijnt dan het bij de keuze behorende submenu. Via deze submenu's kan men de verschillende onderdelen van het systeem nader bekijken, instellingen wijzigen of het programma verlaten.

**Geheugen**
Het programma kan tot 16 MB geheugen testen.
De gebruiker krijgt daarbij de mogelijkheid te kiezen voor het testen van conventioneel (0 tot 1.024 kB) en/of extended geheugen (1,024 MB tot 16 MB).

**Poorten**
Parallelle en seriële poorten kunnen met een zogenaamde loop-back kabel worden uitgerust. Deze kabel stuurt uitgaande signalen weer terug de poort in. Als een dergelijke kabel niet aanwezig is wordt toch een interne test uitgevoerd. Uit het verloop daarvan trekt het programma conclusies over de werking van de poort. Ook kan men debug-instructies naar de poorten sturen.

```
              System Configuration
Processor Type:             80386
Numeric Coprocessor:        80287
Base Memory Size:           582K, 186K avail.
EXPANDed Memory Size:       EMM Vers 4.0, 16 Pages
Extended Memory Size:       3072K, 0K available
Video Adapter, [2nd]:       EGA Color
Video mode, SW, BIOS:       Mode=03h, EGA sw1-4=1001
Video Ram Base, Size:       b800h, 256K
Hard Drive[s]:              C: 41Mb  D: 42Mb
Floppy Drive[s]:            A:1.44M [3½"]
Clock / Calendar:           CMOS Clock/Calendar Present
Parallel Port[s]:           LPT1=3bch
Serial Port[s]:             COM1=3f8h COM2=2f8h
Game Port[s]:               None
Mouse:                      3 button
EMM Driver                  Present
```

**Figuur 3/8.9.4-3:** Een configuratie scherm van Qaplus.




**Figuur 3/8.9.4-4:** Het hoofdmenu van Qaplus met enkele submenu's.

**CPU-test**
De processor wordt naast een aantal standaardfuncties op een paar onderdelen getest:
- interrupt controller;
- klok;
- DMA (Direct Memory Access) controller;
- logische en wiskundige instructies;
- "Dhrystone" en "Whetstone" berekeningen, dit zijn respectievelijk processor (snelheids)tests en drijvende komma berekeningen;
- de real en protected mode van de 80286 en 80386 processor.

**Co-processor**
Van een numerieke co-processor worden de volgende functies getest:
- optellen en aftrekken;
- vermenigvuldigen en delen;
- vergelijkingen en trigonometrische functies.

**Klok/kalender**
Hierbij bestaat de mogelijkheid tot het wijzigen van de instellingen en wordt de duur van een (klok)seconde gemeten.

**Video-test**
Een monitor wordt voor zover hij dit aankan getest op het weergeven van:
- karakters (40 x 25 en 80 x 25) in monochroom, zwart/wit en kleur;
- een kleuren palet op verschillende resoluties van kleuren monitoren (CGA, EGA, VGA);
- een grafisch scherm met bewegende lijnen;
- grid, ofwel een achtergrond scherm van lijntjes of punten.

Daarnaast is er bij de performance optie een snelheidstest.
Een EGA kaart en monitor kan bijvoorbeeld 4116 tekens per seconde verwerken.

**Toetsenbord**
Om het toetsenbord te testen krijgt men de eigen toetsenbord layout in beeld. Het programma kan alle toetsenborden met 122, 101, 84 en 83 toetsen aan. Men moet nu alle toetsen een keer indrukken. Ook vraagt het programma om een toets even ingedrukt te houden om de herhaalfunctie te testen. De verschillende lampjes voor onder andere de Caps- en Numlocktoets worden automatisch getest.

```
Drive Type  Cyls  Heads  Secs  Precomp  Landing  Rate Ctrl  Tot Bytes
 C     40    820    6     17     820      820      0    0    42823680
 D     33   1024    5     17    1024     1024      0    0    44564480

  CMOS Checksum= 0217

                                            Date / Time
                                            Hard Disk C
                                            Hard Disk D
  Floppy Drive A          1.44 MB           Floppy Disk A
  Floppy Drive B           None             Floppy Disk B
  Base Memory Size         640 KB           Base Memory
  Extended Memory Size 3072 KB              Extended Memory
  Video Type:             EGA/VGA           Video Selection
  Halt Type: Halt on all errors             Error Halt
                                         Done, Exit & Re-boot
```

**Figuur 3/8.9.4-5:** De CMOS-editor met rechts een menuscherm.

Daarna bestaat nog de mogelijkheid om het slot van het toetsenbord (op de systeemkast) te testen.

**Geheugen**
Het programma geeft de aanwezige geheugenbanken weer op het moederbord. Daarnaast kan men de aanwezigheid van geheugenkaarten ingeven. Het programma kan 16, 64, 256, 1 MB en 4 MB chips aan. Ook de snelheid van het bord is aan te geven (8, 16 of 32 bits). Slechte geheugen chips kunnen gevonden worden door het na de geheugentest verkregen adres in het scherm in te geven. In de grafische weergave licht deze dan op.

**Diskette-drive**
Deze wordt op lees- en schrijffouten gecontroleerd. Het programma verwacht de maximum capaciteit voor een diskette in de drive. Alle informatie op de diskette zal tijdens de test worden overschreven!

**Harde schijf**
Hierbij wordt de controller getest en het oppervlak van de harde schijf afgetast op foute sectoren.
Eventuele slechte sectoren kunnen in de "bad track" tabel van de disk worden opgenomen. Daarnaast voert het programma een aantal lees- en schrijfoperaties uit.

**Formatteren**
Er is een aparte optie om de harde schijf te formatteren. Dit is alleen een low-level format.
Eventuele specificaties van de schijf kunnen via de CMOS-editor optie worden ingebracht.

**CMOS-editor**
Iedere AT bezit een klein CMOS-geheugen dat door een batterijtje onder spanning wordt gehouden en waarin de belangrijkste gegevens van de opbouw van het systeem worden bewaard. Sommige

virussen beschadigen de inhoud van dit geheugentje, waardoor het systeem niet goed meer werkt.

In Qaplus is een CMOS-editor aanwezig, waarmee men de specificaties van alle drives, de hoeveelheid geheugen per soort en een type monitor opnieuw kan instellen.
Wanneer men iets wijzigt dan moet daarna eerst geboot worden alvorens het systeem de nieuwe instelling herkent.
In figuur 3/8.9.4-5 wordt het scherm van deze editor voorgesteld.

**Performance**
Bij de performance test wordt de kloksnelheid weergegeven en de whet- en dhrystone berekeningen uitgevoerd. Daarmee wordt de algemene performance van het systeem in een grafiek uitgezet ter vergelijking met andere computertypen zoals een IBM model 30, 60, 80 en AT systemen op diverse snelheden.
Daarnaast wordt de doorvoersnelheid van de controller gemeten.

**Interrupts**
Een interrupt is een onderbreking van de uitvoering van programma's door de processor. De bekendste interrupt is de "reset"-functie om de computer te booten. Daarnaast hebben onder andere ook harde schijven, poorten, netwerkkaarten en soms toetsenborden interrupts in gebruik.
Op een AT systeem zijn 16 interrupts aanwezig waarvan het systeem er zelf al een aantal gebruikt.
Interrupts hebben een adres. De processor slaat de huidige activiteiten op en springt naar het interrupt adres, dat gekoppeld is aan de plaats waar zich routines van het onderbrekende onderdeel (bijvoorbeeld de harde schijf) bevinden. Na deze verwerkt te hebben springt de processor terug.
Wanneer een muis op het systeem is aangesloten zal het programma vragen om de muis te bewegen om zo een interrupt uit te lokken, die het programma dan weer in het overzicht verwerkt.
Het komt wel voor dat twee seriële poorten op dezelfde interrupt staan ingesteld. Dit hoeft niet tot problemen te leiden zolang deze niet beide tegelijk in gebruik zijn. Toch is het beter deze te scheiden.

**Muis/Joystick**
Gebruikers van een muis kunnen de werking van de aanwezige (muis)knoppen (1, 2, 3) en de cursor verplaatsfunctie testen in een coördinatenveld met verschillende aanwijzers.

**Printers**
Het programma kan een aantal patronen, die op het scherm zijn weergegeven, afdrukken.
Het is dan aan de gebruiker deze te vergelijken.
Het programma is compatibel met Epson matrix printers en Hewlett Packard (HP) laserprinters.

**Rapport**
Om een overzicht te bewaren kan men een procedure kiezen waarbij alle gekozen tests en configuratie-overzichten automatisch verlopen en tegelijkertijd de uitkomst naar een printer of naar een bestand wegschrijven.

## 8.9 Software voor de ontwerper

# 3/8.9.5

# Ontwerpen met Ultimate

## Inleiding

**Ultimate**
Het Nederlandse bedrijf Ultimate Technology ontwikkelde, nu precies vijf jaar geleden, de eerste versie van UltiBoard. Een printontwerp pakket, dat in die vijf jaar steeds verbeterd en uitgebreid werd. Op dit moment is Ultimate een van de toonaangevende bedrijven op het gebied van simulatie, schema en printontwerp pakketten. Naast UltiBoard levert het bedrijf UltiCap, een tekenpakket voor elektronische schema's, en UltiSim, een simulatie pakket voor digitale schakelingen. Van alle drie de programma's zijn diverse versies verkrijgbaar.

**Goedkope CAD**
Naar aanleiding van het vijfjarig bestaan wordt een kennismakingspakket aangeboden voor ongeveer *f* 1.000,00. Dit aanbod bevat de "Entry Level" uitvoeringen van UltiCap en UltiBoard met een geïntegreerde auto-router UltiRoute. Beide pakketten werken onder DOS en bieden in grote lijnen dezelfde mogelijkheden als de veel duurdere opties "Advanced" en "Professional".

Door dit bijzonder aanbod komt het met de computer tekenen van elektronische schema's en ontwerpen van printen voor het eerst binnen het bereik van de hobbyist die zijn hobby serieus neemt! Natuurlijk is duizend gulden nog een hoop geld, maar als men bedenkt dat zowel UltiCap als UltiBoard tot de industrie-standaarden gerekend worden en in de gehele wereld professionele ontwerpers met deze pakketten werken, dan zal men moeten erkennen dat dit een uniek aanbod is.

**De verschillen**
Uiteraard kunnen deze "Entry Level" uitvoeringen niet hetzelfde als de veel duurdere "Advanced" en "Professional" versies. Toch zijn alle drie de uitvoeringen identiek wat mogelijkheden en functies betreft! Of met andere woorden: met deze duizend gulden kostende combinatie kan men precies hetzelfde als met de "Professional" versie, die niet minder dan *f* 22.000,00 moet kosten!
Wat is dan het verschil?
Het voornaamste verschil is dat de duurdere versies geleverd worden met een eigen OS/286 of OS/386 operating system. Deze pakketten gebruiken, dank zij dit eigen operating system, alle geavanceerde mogelijkheden van de 80286 en 80386 Intel processoren, waaronder echte zeer snelle 32-bit communicatie met de 386-hardware. Het gevolg is dat deze pakketten razendsnel werken, hetgeen vooral van belang is als men zeer grote en ingewikkelde schema's en printen moet ont-

werpen. Voor de doe-het-zelver, die zich wil oriënteren op het gebied van elektro-CAD, speelt dat snelheidsvoordeel geen enkele rol.
Een tweede, zeer belangrijk verschil is dat de "Entry" pakketten slechts ruimte bieden voor schema's en printen met ongeveer 50 IC's, terwijl de "Advanced" versies tot 200 IC's gaan en de "Professional" versies, zuiver softwarematig bekeken, onbeperkte ontwerpgroottes bieden. Een rechtstreeks gevolg van het gegeven dat deze versies tot 24 MB extended geheugen kunnen aanspreken! Maar ook dat zal voor de hobbyist geen al te grote problemen opleveren!

**Opwaardering**
Uiteraard bestaat de mogelijkheid stap na stap te upgraden vanaf de goedkope "Entry"-versies tot aan de "Professional"-uitvoeringen toe. Wie dus in de greep komt van het computerbestuurd tekenen van schema's en ontwerpen van printen kan, stap na stap, investeren in steeds meer snelheid, steeds meer IC's en steeds grotere printen.

**Beveiliging**
De meeste ontwerpers van CAD-pakketten zijn als de dood voor roofkopieën. De software wordt dan ook altijd geleverd met zogenaamde "dongles", kleine kastjes die op de parallelle printerpoort moeten worden geïnstalleerd. Is dat kastje niet aanwezig, dan kan men de programma's niet opstarten. Op deze manier is men er zeker van dat de zeer dure software niet gekopieerd wordt.

De "Entry"-versies van UltiCap en UltiBoard werken zonder dergelijke hardwarematige beveiliging. Problemen met "dongles" die printers niet herkennen of verhinderen dat andere programma's van de parallelle poort gebruik maken zijn bij deze pakketten dus uitgesloten.

**De UltiShell**
Een "shell" is een schil die boven MS-DOS staat en het bedienen van de software vergemakkelijkt. De beroemdste shell op dit moment is uiteraard Windows 3.0.
Ultimate levert een eigen shell-programma, UltiShell, die automatisch wordt geïnstalleerd. Vanuit deze shell kan men met de muis of het toetsenbord alle in deze shell aanwezige programma's selecteren.

# UltiCap

**Inleiding**
UltiCap is het schema teken pakket van de Ultimate serie. Met dit pakket kan men dus elektronische schema's op het scherm tekenen en deze nadien afdrukken via een printer.
Op zich is dat wel leuk, maar niet meer dan dat. De mogelijkheden van UltiCap zijn echter veel uitgebreider! Als men een schema getekend heeft kan men daarvan een zogenaamde "netlist" laten maken. Dat is een file, waarin alle componenten die in het schema gebruikt worden en alle verbindingen tussen alle onderdelen van het schema worden genoteerd. Men kan nadien deze netlist in UltiBoard laden, waardoor dit programma na enige voorbereidende werkzaamheden volledig automatisch alle printsporen tussen de aansluitpennen van de onderdelen gaat leggen.
Dit zogenaamde "autorouten" van de print spaart ongelooflijk veel tijd uit en is nu net dé grote kracht van ontwerpen met de computer.

**Installatie**
De "Entry"-versie 1.10 van UltiCap wordt op twee high density 5.1/4 inch diskettes geleverd.
Het installeren verloopt probleemloos na het in drive A: plaatsen van de eerste schijf en het intikken van INSTALL. De installatie wordt uitgebreid begeleid op het scherm.
Bij deze installatie moet men diverse device-drivers installeren. Dat zijn speciale kleine stuurbestanden, waardoor de software kan samenwerken met het beeldscherm, printers, plotters, etc.
Er zijn heel wat device-drivers aanwezig! Bij de installatie bestaat de mogelijkheid meer dan een driver per apparaat te installeren.
Zo kan men bijvoorbeeld een driver laden voor Epson-printers, maar ook een voor een of andere laserprinter. Dat is handig, omdat men nadien bij het werken met de software zonder herinstallatie kan omschakelen van de ene naar de nadere printer.

**Beeldscherm drivers**
Men kan kiezen uit:
- Hercules zwart/wit, met een resolutie van 720 x 348 pixels;
- Standaard EGA, met een resolutie van 640 x 350 pixels;
- EGA-WONDER, met een resolutie van 800 x 560;
- Standaard VGA, met een resolutie van 640 x 480;
- VEGA deLuxe, met dezelfde resolutie;
- EVA, met 640 x 350 resolutie;
- Idem, maar dan met 640 x 480 pixels;
- Idem voor 800 x 600 pixels;
- Idem voor de superhoge resolutie van 1.024 x 768 pixels;
- GENOA 5.100 grafische kaart (800 x 600 resolutie);
- GENOA 5.400 grafische kaart met 1.024 bij 768 pixels;
- ELSA XHR kaart met 800 x 650;
- ELSA XXHR kaart met 1.280 x 1.024 resolutie;
- ARTIST-1 kaart met een resolutie van 1.024 x 768;
- GALAXY-kaart.

Het zal wel duidelijk zijn dat bezitters van een Super-VGA kaart er verstandig aan doen te experimenteren om een bruikbare hoge resolutie driver te vinden. Hoe hoger de resolutie, hoe nauwkeuriger en scherper het beeld op de monitor!

**Printer- en plotter-drivers**
Er zijn 23 printerdrivers beschikbaar, waarmee zowat alle bestaande printers aangestuurd kunnen worden. Maar er zijn ook enige speciale drivers aanwezig voor niet zo alledaagse apparatuur, zoals de 48-naald matrix-printers van Epson en de Paintjet van Hewlett Packard.
Daarnaast zijn er nog eens 43 plotterdrivers beschikbaar, onder andere voor de volledige reeks HP en Houston apparatuur. Voor de gemiddelde hobbyist zal dat niet zo interessant zijn!
Interessant is de mogelijkheid een driver te installeren voor de uitvoer onder DXF-formaat voor import in AutoCad vanaf versie 2.5!

**Fotoplotter drivers**
Professionele ontwerpers printen hun ontwerpen uit op een standaard printer ter controle en sturen nadien, als het ontwerp goedgekeurd is, de file naar speciale service-bedrijven die beschikken over zeer dure fotoplotters. dat zijn fotografische tekenmachines, die met behulp van een fijne laserstraal het ontwerp op een fotografische film belichten. Na ontwikkeling

ontstaat een kwalitatief zeer hoogwaardige tekening, die rechtstreeks gebruikt kan worden voor het belichten van printen met zeer dunne printsporen. Uiteraard bevat UltiCap ook drivers voor dat soort professionele apparatuur.
Men kan kiezen uit 6 drivers voor Gerber plotters en ook voor Postscript-formaat.

**Drivers voor invoer-apparatuur**
Indien INSTALL geen reeds geïnstalleerde muis-driver kan vinden in het geheugen wordt de mogelijkheid geboden een digitiser-driver te laden voor een Hitachi of Summagraphics grafisch tablet.

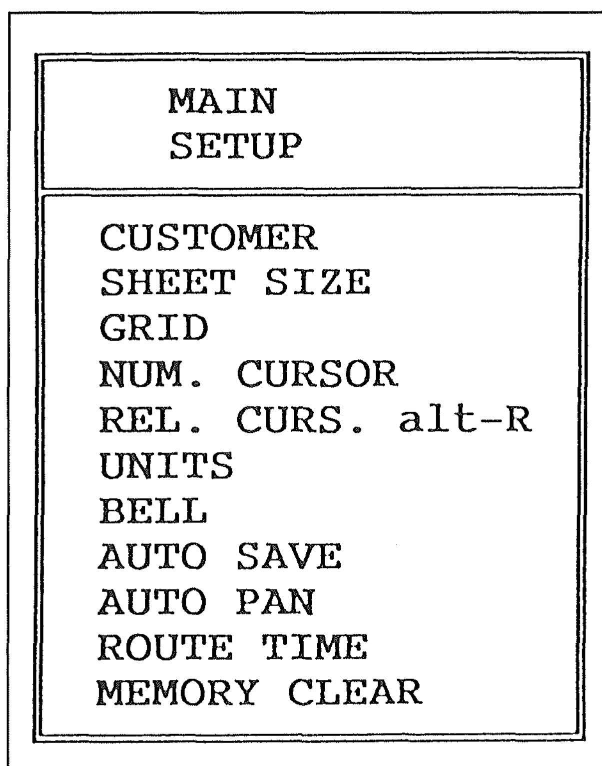
**De bibliotheken van UltiCap**
Een zeer belangrijk onderdeel van ieder schema teken pakket is de aanwezigheid van bibliotheken.
Dat zijn verzamelingen onderdelen, die door de ontwerpers reeds volledig voorgeprogrammeerd zijn. Kiest men uit zo'n bibliotheek bijvoorbeeld een 7490, dan kan men het tekentechnisch symbool van deze bekende tienteller meteen op het tekenvel zetten, met alle in- en uitgangen etc.

UltiCap bevat ongeveer 35 bibliotheken, die iets meer dan 4000 componenten bevatten. Dat aantal moet men echter met een korreltje zout nemen, want diverse bibliotheken bevatten in wezen dezelfde componenten. Zo zijn er diverse 74xx-bibliotheken aanwezig, die identieke IC's in diverse uitvoeringen bevatten. Het tekentechnische verschil tussen een SN7490, een SN74LS90, een SB74H90, een SN74C90 en een SN74L90 is immers nihil!
Bovendien worden diverse bibliotheken geleverd in Europese en Amerikaanse tekenstijl.

Uit de samenstelling van de bibliotheken blijkt bovendien dat het pakket zich op de internationale markt richt.
Zo wordt er erg weinig aandacht besteed aan typische analoge IC's van Europees fabrikaat.
Op zich is dat geen ramp, want UltiCap bevat de mogelijkheid om eigen componenten te programmeren. Maar dat is een hele klus en het zou wel zeer klantvriendelijk zijn als een Nederlands bedrijf ook aandacht zou besteden aan IC's van Philips!

Een overzicht van wat de belangrijkste ingebouwde bibliotheken te bieden hebben:
- IECAS: 67 symbolen van TTL-AS IC's;
- IECECL: 205 symbolen uit de ECL-serie;
- MOTOROLA: 103 speciale IC's van het fabrikaat Motorola;
- DIJKSTRA: 6 symbolen die gebruikt kunnen worden in structuur-schema's;
- IECF: 165 symbolen van TTL-F IC's;
- IECSTD: 166 symbolen van gewone TTL-IC's;
- OPTO: 172 symbolen van optische componenten, voornamelijk optische koppelaars;
- SIGNAL: twee symbolen van signaalvormen, handig om bijvoorbeeld ergens in een schema aan te geven dat op een punt een sinusvormige spanning staat;
- IECLS: 320 symbolen van TTL-LS IC's;
- IECH: 187 symbolen van TTL-H IC's;
- ANALOG: 50 symbolen van (Amerikaanse) analoge IC's;
- ZILOG: 9 symbolen van de Z80 processor en zijn perifere schakelingen;
- DISCRETE: 30 algemeen elektronische symbolen, zoals weerstanden, condensatoren, trafo's, etc;

- IECHC: 151 symbolen van TTL-HC IC's;
- IECALS: 172 symbolen van TTL-ALS IC's;
- MEMIEC: 375 symbolen van geheugen-IC's;
- ROCKWELL: 3 symbolen van speciale Rockwell IC's;
- IECL: 39 symbolen van TTL-L IC's;
- IECS: 91 symbolen van TTL-S IC's;
- MEMANSI: 306 symbolen van geheugen-IC's;
- AD_DA: 15 symbolen van analoog naar digitaal en digitaal naar analoog omzetters uit de AD-reeks;
- CMOS: 160 symbolen van de 4000-serie CMOS.
- CONNECT: 146 symbolen van connectoren.




**Figuur 3/8.9.5-1:** Het hoofdmenu voor het configureren van UltiCap aan de eigen wensen.

**Het configureren van UltiCap**

Na het installeren van het programma doet men er verstandig aan UCCONFIG te draaien.

Met deze utility kan men het programma volledig aan de eigen wensen en omstandigheden aanpassen. UCCONFIG biedt een menu met een tiental keuzes (zie figuur 3/8.9.5-1), die ieder weer toegang geven tot een submenu met talrijke selecties.

Onderstaand, alles behalve volledig lijstje, geeft een indruk wat men allemaal kan instellen:

- Met Sheet Size stelt men de afmetingen van het tekenvel in waarmee Ulticap zal werken;
- Met Grid bepaalt men de afmetingen van het zogenaamde rooster of grid, een matrix van puntjes die op het scherm verschijnt en die tot gevolg heeft dat de cursor niet vrijelijk over het scherm beweegt maar van puntje naar puntje springt;
- Wirewidth definieert de standaard lijndikte op het scherm en op de printeruitvoer;
- Buswidth doet hetzelfde voor bussen, dikke lijnen die verschillende verbindingen kunnen bevatten, bijvoorbeeld de acht verbindingen van een data-bus;
- Met Snapdistance kiest men de afstand tussen cursor en aansluiting van een onderdeel, waarbij de cursor automatisch naar de aansluiting wordt getrokken;
- Met Units selecteert men of alle maten op het scherm in inch of mm worden gegeven;
- Autopan is een aan/uit-schakelaar waarmee men er kan voor zorgen dat het scherm automatisch scrollt als de cursor de randen van het scherm raakt.

- Met Color Setting kan men de kleuren selecteren van alle objecten op het scherm;
- Met Library Setting kan men een lijstje samenstellen van de bibliotheken die bij het opstarten van UltiCap toegankelijk moeten zijn.

**De bediening van UltiCap**

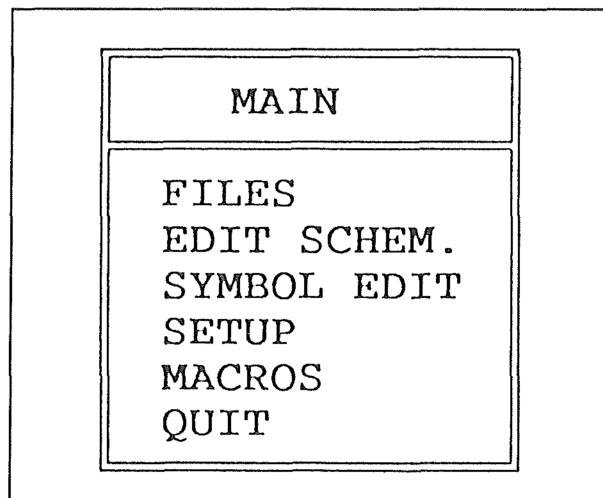
Het programma kan zowel met de muis als met het toetsenbord bediend worden. Daarbij worden alle drie de toetsen van een standaard muis ingeschakeld.

Met de linker muisknop wordt een handeling bevestigd, met de rechter muisknop kan men een keuze ongedaan maken of een stap terug zetten in de menustructuur. De functie van de middelste muisknop hangt af van het menu waarin men werkt. Zo kan men bijvoorbeeld, bij het plaatsen van componenten, door een druk op deze knop componenten 90° verdraaien. Deze drie-knops bediening is zeer handig en spaart de ervaren gebruiker heel wat tijd!

Maar het pakket kan ook heel handig vanaf het toetsenbord bediend worden. Zo kan men vanuit een willekeurig sub- of subsub-menu terug naar het hoofdmenu door enkel en alleen een punt in te toetsen. Bovendien kan men vanuit een willekeurig menu naar een ander menu door eerst een punt en nadien de eerste letters van de diverse te doorlopen menu's in te tikken.

Daarnaast worden aan de meeste functietoetsen nog eens vaak gebruikte functies toegekend:

- F1: voert een instructie uit, doet dus in feite hetzelfde als de linker muisknop;
- F2: Draait een symbool met 90°, schakelt over van het tekenen van een enkelvoudige verbinding (een Wire) naar een bus;
- F4: maakt een commando ongedaan, hetzelfde dus als een druk op de rechter muisknop;
- F5: spiegelt een symbool, in UltiCap niet erg nuttig, maar in UltiBoard zeer handig als men een SMD-onderdeel op de koperzijde van de print wil aanbrengen;
- F7: zet de volledige tekening op het scherm;
- F8: zoomt in op een detail van het schema in verschillende vergrotingsstappen;
- F9: zoomt weer uit in verschillende stappen, zodat een steeds groter deel van het schema het scherm vult.




**Figuur 3/8.9.5-2:** Het hoofdmenu van UltiCap.

**De menu's van Ulticap**

Hoewel UltiCap bij de eerste kennismaking met het pakket een vrij verwarrende menu-structuur heeft zal de geoefende gebruiker er zeer snel mee kunnen werken.

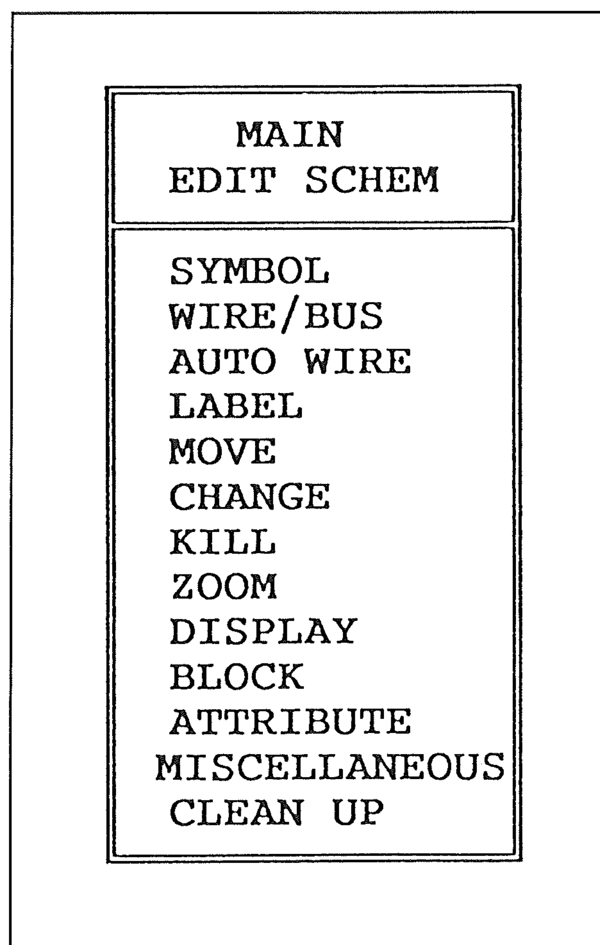
Het werkscherm van het programma is volledig leeg. Na het indrukken van de

linker muisknop verschijnt het hoofdmenu (figuur 3/8.9.5-2) in de linker bovenhoek van het beeld.

Een korte verklaring van de functies van de selecties uit dit menu:
- FILES is bedoeld voor het laden en saven van schema's en voor het onder tekstvorm bekijken van de inhoud van een file;
- EDIT SCHEM is het eigenlijke tekenmenu, met tal van later te bespreken opties;
- SYMBOL EDIT biedt de mogelijkheid eigen componenten te ontwerpen, die dan in een van de bestaande bibliotheken ingevoerd kunnen worden;
- SETUP biedt nog eens een mogelijkheid om bepaalde default-waarden en -instellingen te definiëren;
- MACROS biedt de mogelijkheid om bepaalde vaak terug kerende standaard handelingen te automatiseren, door deze bewerkingen in een file op te nemen, die nadien "afgespeeld" kan worden;
- QUIT verlaat het programma.

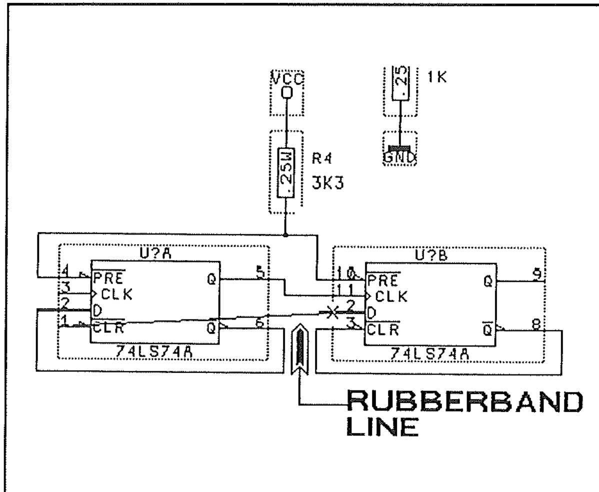
**Het tekenen met UltiCap**
Zoals reeds gezegd komt men in het eigenlijke schema teken menu door de selectie EDIT SCHEM uit het hoofdmenu aan te klikken. Het hoofdmenu wordt dan onmiddellijk vervangen door het menu van figuur 3/8.9.5-3.

UltiCap biedt via dit menu een aantal zeer krachtige faciliteiten, die men bij de meeste vergelijkbare tekenpakketten mist.
Een kort overzicht van deze "highlight's".
Heel handig is de "Auto-pan". Als men een deel van het totale schema in beeld heeft en men raakt met de cursor de rand van het scherm aan, dan zal het achter deze rand liggende deel van het schema automatisch op het scherm verschijnen. De beeldopbouw gaat zeer snel en deze "Auto-pan" spaart heel wat zoomhandelingen uit.

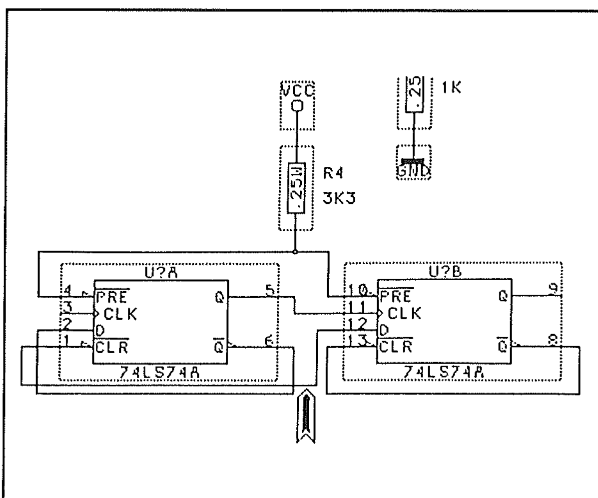


**Figuur 3/8.9.5-3:** Het teken-menu van UltiCap.

Net zo handig is de "Auto-snap". Als men met de cursor in de buurt van een aansluiting van een onderdeel komt, dan verschijnt er een kruisje op deze aansluiting. De software heeft nu de cursor aan dit punt gehecht en een druk op de linker muisknop is voldoende om de te tekenen verbinding precies op deze aansluiting te laten beginnen.




**Figuur 3/8.9.5-4:** Nadat men met de linker muisknop twee aansluitingen van componenten die met elkaar verbonden moeten worden heeft aangeklikt ....




**Figuur 3/8.9.5-5:** .... zal UltiCap automatisch deze twee aansluitingen verbinden, waarbij het programma rekening houdt met de reeds getekende lijnen in het schema.

Met "Automatic wiring" kan men UltiCap volledig automatisch verbindingen tussen twee punten laten leggen. Het volstaat begin- en eindpunt aan te klikken. Er verschijnt nu een recht-toe-recht-aan verbinding tussen beide punten (figuur 3/8.9.5-4), de zogenaamde "rubber banding". Na enige bedenktijd legt het pakket automatisch een verbinding op het scherm (figuur 3/8.9.5-5). Dat dit optisch niet altijd de duidelijkste en mooiste verbinding is zal duidelijk zijn. Maar ondanks dat bezwaar kan deze optie heel wat ontwerptijd besparen.

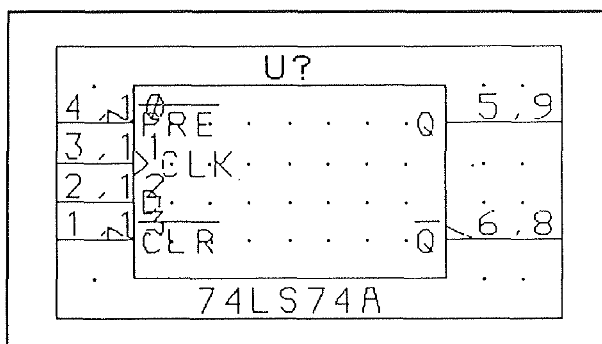
UltiCap kent bovendien een "Auto junction dot" functie. Als men een verbinding laat eindigen op een andere gaat het pakket ervan uit dat beide verbindingen elektrisch met elkaar verbonden moeten worden. Niet alleen wordt er dan automatisch een dot op het snijpunt getekend, maar bovendien wordt deze verbinding in de netlist opgenomen.

Vrij uniek is de "On-line Electric Rule Check". Deze functie onderzoekt iedere verbinding die men legt op elektronische geldigheid. Als men bijvoorbeeld twee uitgangen van TTL-poorten met elkaar verbindt zal deze ERC onmiddellijk waarschuwen omdat dit, volgens UltiCap, een ongeldige verbinding is. Uiteraard kan men deze waarschuwing negeren, omdat het kan zijn dat men bewust een wired-OR structuur wil tekenen. Maar zeker bij ingewikkelde schema's is deze on-line ERC een handig hulpmiddel om fouten te voorkomen.

### Het plaatsen van componenten

Het plaatsen van componenten op het scherm is de eerste handeling die men bij ieder schema teken pakket moet verrichten. Ook UltiCap is daarop geen uitzondering!
Bij het plaatsen van componenten in een schema moet men de naam van het component in een kadertje intoetsen.

Men moet dan eerst de bibliotheek kiezen waarin dat onderdeel is ondergebracht. Dat is vrij vervelend, omdat men, zeker in het begin, de namen van deze componenten niet kent. Gelukkig biedt UltiCap wél de mogelijkheid om deze namen te selecteren uit een lijstje dat op het scherm verschijnt. Na selectie van een naam kan men de vorm van het component even op het scherm zetten door op F2 te drukken (figuur 3/8.9.5-6). Zo kan men toch vrij snel het gewenste onderdeel oproepen. Toch is deze procedure vrij omslachtig en bieden andere tekenpakketten veel handiger methodes voor het selecteren van componenten.




**Figuur 3/8.9.5-6:** De "preview" zet de vorm van een geselecteerd onderdeel in een venstertje op het scherm.

Na bevestiging van de keuze wordt de vorm van het onderdeel aan de cursor "geplakt" en kan men het onderdeel over het scherm bewegen. Na een druk op de linker muisknop wordt het onderdeel op het scherm geplaatst. Men kan nu hetzelfde onderdeel nog eens plaatsen door de cursor naar de nieuwe positie te verplaatsen en nog eens op de linker muisknop te drukken. Wil men een nieuw onderdeel plaatsen, dan moet men eerst op de rechter muisknop drukken en de beschreven handelingen herhalen.

Op deze manier kan men vrij snel alle onderdelen die in het schema voorkomen op het tekenvel plaatsen. Uiteraard is het mogelijk nadien onderdelen te verplaatsen, te wissen of bij te plaatsen. Bovendien beschikt UltiCap over blok-bewerkingen, waarmee men een deel van het schema in één keer kan verplaatsen, naar een ander deel van het scherm kan kopiëren of wissen.

Bij componenten die een waarde hebben, zoals weerstanden en condensatoren, vraagt UltiCap onmiddellijk na het plaatsen ervan om de waarde die nadien bij het symbool wordt geplaatst. Bovendien kent het pakket aan ieder component een volgnummer toe (R1, R2, R3, etc) en men kan deze nummering aan UltiCap overlaten of zélf volgnummers invullen.

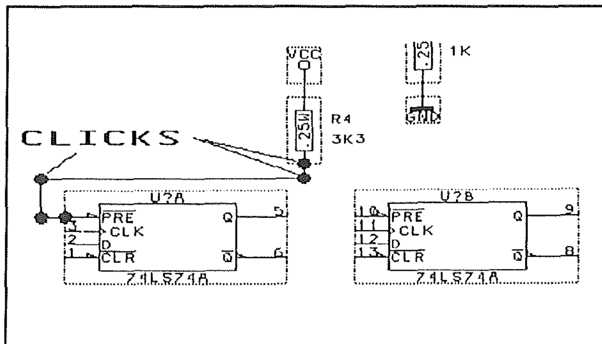
Bij samengestelde symbolen, zoals meervoudige poort-IC's, zal Ulticap automatisch de poorten uit een en hetzelfde symbool nummeren door na het volgnummer een letter in te voeren. De vier poorten van een SN7400 worden bijvoorbeeld automatisch genummerd als U?A tot en met U?D. Het vraagteken wordt vervangen door het volgnummer van het IC.

**Het tekenen van de verbindingen**

De volgende stap is het verbinden van alle aansluitingen van de onderdelen.

Dat gaat erg handig, dank zij de reeds beschreven Auto Snap functie. Men brengt de cursor naar de eerste aansluiting. Komt men in de buurt, dan springt de cursor automatisch naar dit punt en kan men van daaruit de lijn tekenen. Een lijn wordt opgebouwd uit segmenten en op ieder hoekpunt van de lijn moet men op de linker muisknop drukken om het segment te plaatsen (figuur 3/8.9.5-7). De

verbinding wordt afgesloten door op de rechter muisknop te klikken.




Figuur 3/8.9.5-7: Het met de hand bedraden van het schema door lijnsegment na lijnsegment aan te brengen.

Zoals reeds gezegd kan men een groot deel van dit werk automatiseren!

UltiCap heeft een aantal zeer tijdbesparende functies die bij het bedraden van het schema uitstekend van pas komen.
Met de WIRE/BUS omschakeling, bijvoorbeeld, in te schakelen door op de functie-toets F2 te drukken, kan men omschakelen van het leggen van een lijn naar het leggen van een bus. Op deze manier kan men heel snel ingewikkelde schema's overzichtelijk bedraden zonder voortdurend van het ene naar het andere submenu te moeten omschakelen (figuur 3/8.9.5-8).

Door gedurende het tekenen van een verbinding de spatiebalk ingedrukt te houden worden verbindingen onder hoeken van 45° aangebracht.
Laat men de spatiebalk los, dan zit men weer automatisch in de rechthoekige mode. Het zal duidelijk zijn dat dit een zeer tijdbesparende optie is om enkelvoudige verbindingen aan bussen te koppelen!

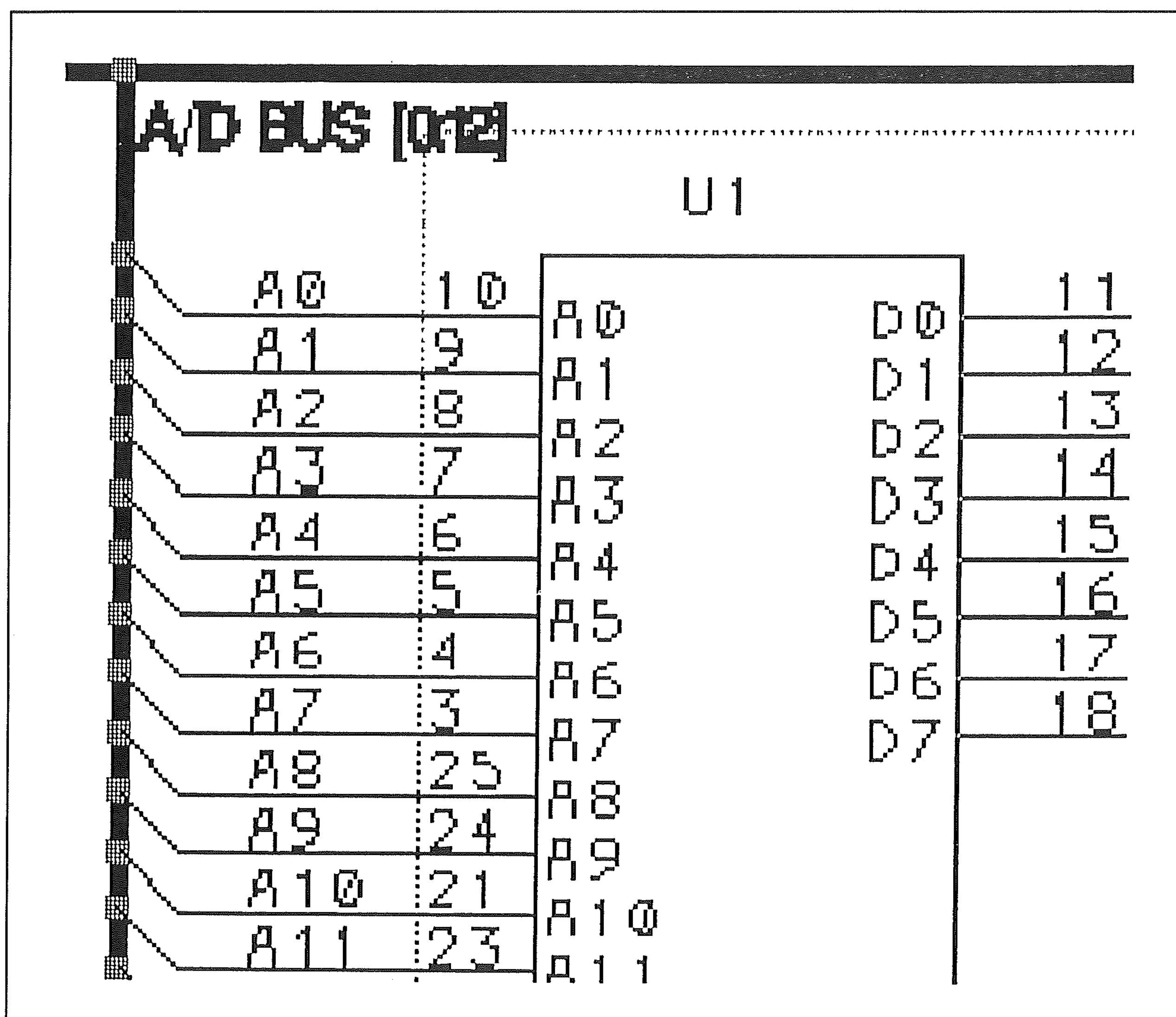
Bij het tekenen van wires en bussen krijgen deze automatisch een netnaam toegewezen, van net-1 tot en met net-n. Uiteraard kan men dit later, indien gewenst, wijzigen in meer zinvolle benamingen.
Als een wire aan een bus wordt gekoppeld zal het programma automatisch naar een "Label" vragen, na Enter kan dit label in één beweging ergens bij de verbinding geplaatst worden.
Het "Point of Effect" dat ervoor zorgt dat het label ook werkelijk aan een verbinding wordt toegekend is duidelijk zichtbaar. Als namelijk het "spookbeeld" van het label (een leeg vierkantje dat aan de cursor gekleefd zit met een klein cirkeltje in een hoek als POE) in de buurt van een verbinding komt gaat het "POE" zich automatisch aan de wire hechten (figuur 3/8.9.5-9).
Men hoeft dan maar de linker muisknop in te drukken om het label aan de verbinding te koppelen.

**Het ontwerpen van nieuwe componenten**

Het ontwerpen van nieuwe componenten, of het aanpassen van bestaande onderdelen, is een vrij tijdrovende procedure. Iets dat overigens niet typisch is voor UltiCap, maar waar alle schema teken pakketten last van hebben. Figuur 3/8.9.5-10 geeft het openingsscherm als men een bestaand component wil aanpassen.

Waarom dat zo tijdrovend is?
Omdat uit de figuur duidelijk blijkt dat er heel wat gegevens ingevoerd moeten worden!

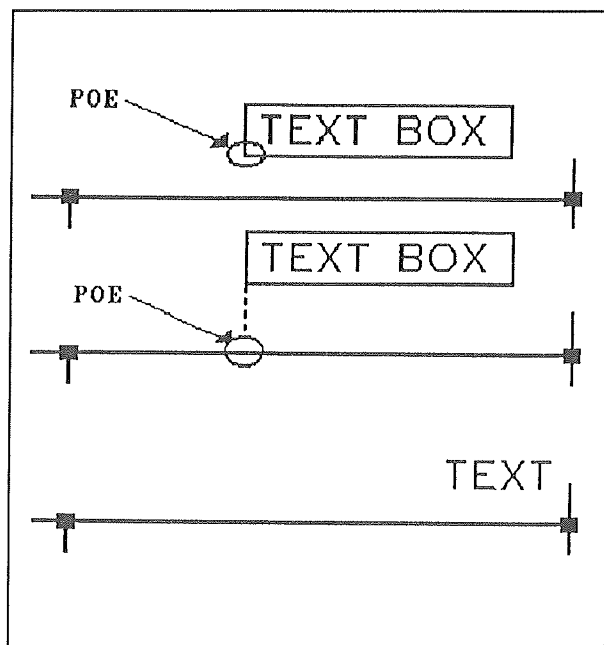
**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.5-8:** Door het drukken op F2 kan men snel omschakelen tussen het leggen van enkelvoudige verbindingen (dun) en bussen (dik).

De on-line ERC eist bijvoorbeeld dat iedere aansluiting als in- of uitgang gedefinieerd wordt, of een uitgang bidirectioneel of tri-state is, of de aansluiting open is en of een aansluiting tot een passief of actief component behoort.
UltiCap biedt bovendien de mogelijkheid attributen te definiëren voor SPICE-simulering en pennen aan te geven die door UltiBoard en UltiRoute onderling verwisseld mogen worden als dat voor de lay-out van de print beter uitkomt.

De mogelijkheden van deze componenten-editor zijn zonder meer indrukwekkend, net zó indrukwekkend overigens als de tijd die het kost om een handjevol analoge IC's volledig te definiëren!
Eerst moet men met behulp van de teken-faciliteiten van het programma de grafische vorm, dus het symbool, van het onderdeel op het scherm tekenen. Nadien moet men aan dit symbool een groot aantal definities toekennen en het voorzien van de nodige in- en uitgangen.




Figuur 3/8.9.5-9: Het "point of effect" zorgt er voor dat een label automatisch aan een verbinding wordt gehecht.

Om een indruk te geven van de ingewikkeldheid van dit proces wordt nu een korte opsomming gegeven van de definities die men minstens voor ieder nieuw onderdeel moet invoeren.

- De REFDES, de referency designator, is een letter die het ene soort onderdeel van het andere onderscheidt. Zo is het gebruikelijk aan weerstanden als REFDES de letter "R" toe te kennen, aan condensatoren "C" en aan geïntegreerde schakelingen "U".
- Met de VALUE wordt de numerieke waarde van het onderdeel bedoeld, bijvoorbeeld 4k7. Uiteraard zijn er onderdelen waar dit niet van toepassing is!
- Het DEVICE is de naam van het onderdeel, bijvoorbeeld 75AL90.
- De PKG_TYPE is de code voor de behuizing van het onderdeel. Deze codes maken deel uit van de bibliotheek die in UltiBoard aanwezig is. Zonder deze codering is UltiBoard niet in staat een behuizing aan een onderdeel toe te kennen en valt de volledig automatische omzetting van een schema in een print in het water! Bij het definiëren van nieuwe onderdelen moet men dus weten welke behuizingen er allemaal aanwezig zijn in UltiBoard.
- Met PARTS moet men aangeven hoeveel identieke onderdelen er in een behuizing aanwezig zijn. Voor een SN7400 is deze waarde gelijk aan 4.

Aan iedere in- of uitgang moet bovendien een zogenaamde LOGICAL NAME worden toegekend:

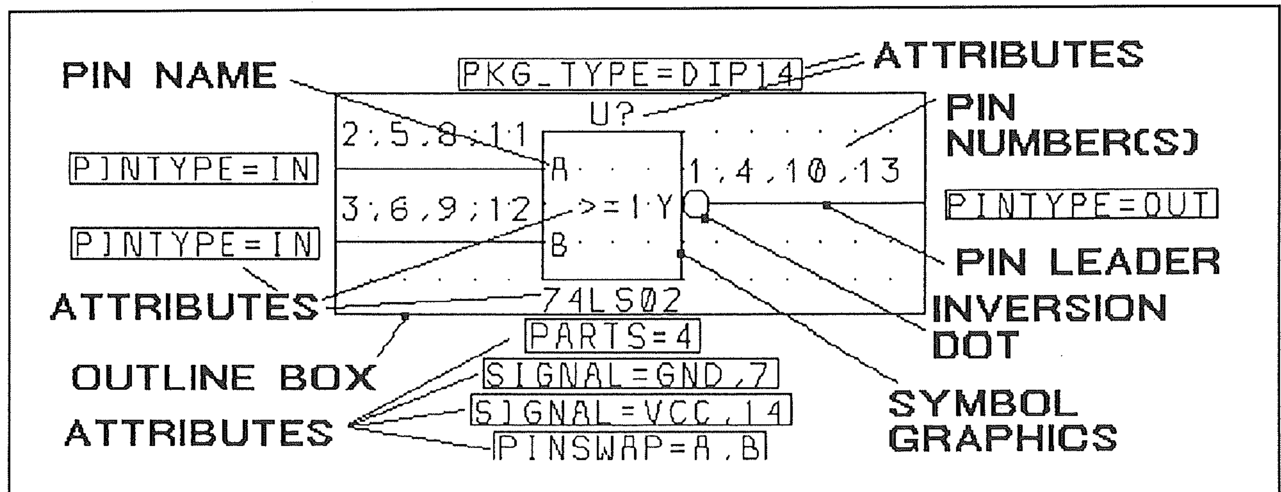
- IN voor een ingangspen;
- OUT voor een uitgangspen;
- OC voor een open collector uitgang;
- OE voor een open emitter uitgang;
- BI voor een bidirectionele aansluiting;
- TRI voor een tri-state uitgang;
- PAS voor een passieve aansluiting;
- PWR voor een aansluiting die aan de massa of aan de voeding ligt;
- NC voor een pen die nergens mee verbonden is.

Het zal dus duidelijk zijn: het ontwerpen van nieuwe onderdelen vereist een grondig ervaring in het werken met UltiCap en een grondige studie van het (zeer dikke) handboek!

**Hiërarchische structuur**

Hoewel de gemiddelde hobbyist waarschijnlijk nooit te maken zal krijgen met schema's die zo groot zijn dat zij niet op één vel passen, moet voor de volledigheid van deze bespreking toch vermeld worden dat UltiCap de mogelijkheid heeft zeer ingewikkelde schema's over diverse tekenvellen te spreiden. Dat noemt men "hiërarchisch ontwerpen".

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.5-10:** Het openingsscherm als men een bestaand onderdeel wil aanpassen.

Het voordeel daarvan is dat men het volledige schema modulair kan opbouwen. Iedere module wordt op een afzonderlijk vel getekend, voorzien van in- en uitgangen die van de andere modules komen en naar de andere modules gaan.

UltiCap is zo intelligent dat het programma nadien in staat is al de teken-files die tot zo'n hiërarchische structuur horen tot één printontwerp te verenigen!

**Post-processing**

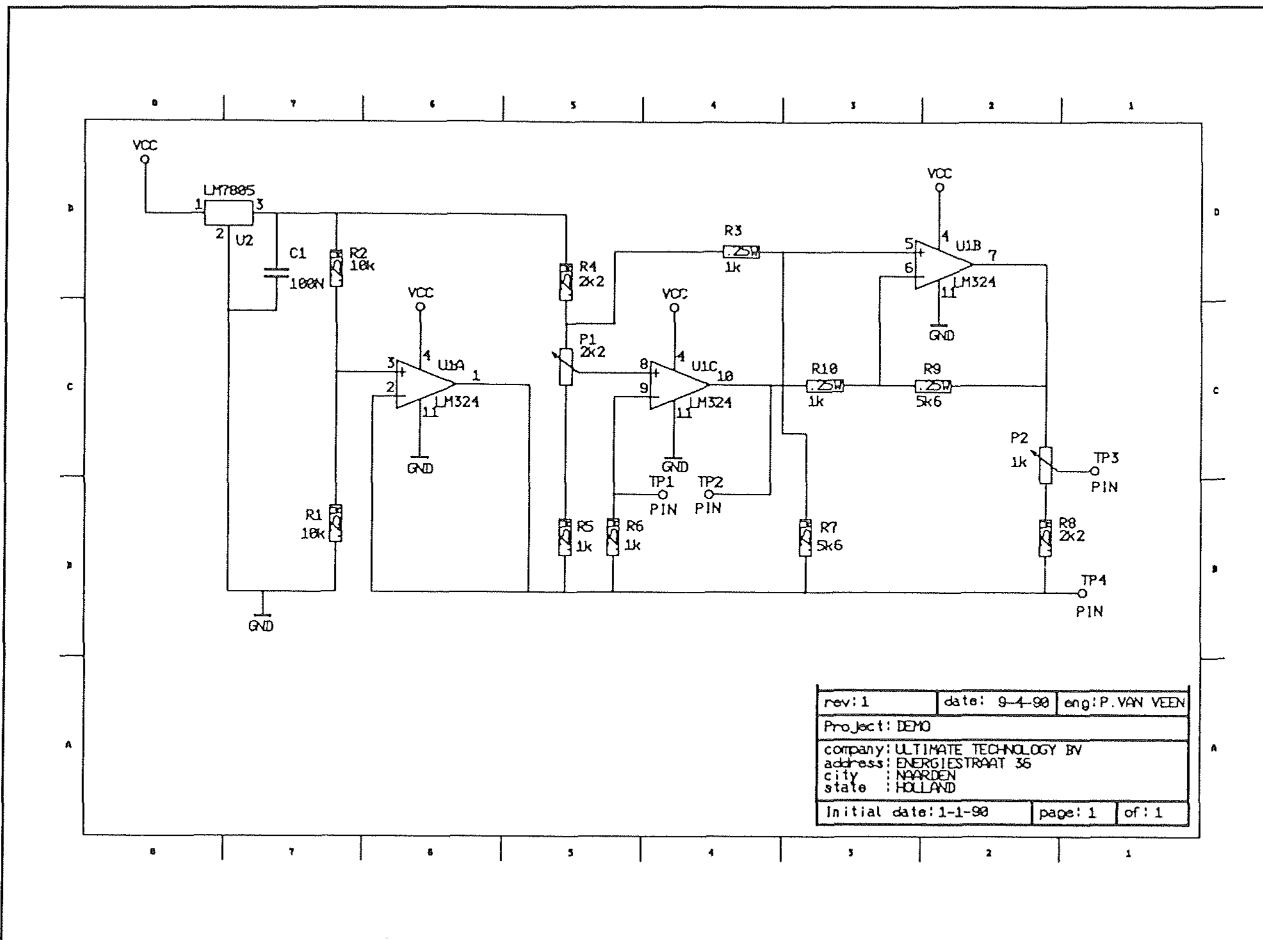
Een belangrijk aspect van ieder schemateken pakket is wat er allemaal kan nadat men een schema op het scherm ontworpen heeft. Dat noemt men de "Post-processing". Dit proces bestaat er uit dat de software volledig automatisch een aantal files gaat aanmaken, die bepaalde belangrijke gegevens van het getekende schema bevatten.
UltiCap biedt op post-processing gebied vele mogelijkheden.
Zo zijn er interfaces naar een heleboel andere pakketten, zoals CADSTAR, DASH, TANGO en SUSIE.

Men kan uiteraard een netlist genereren, een onderdelenlijst opstellen, een overzicht genereren van alle overtredingen tegen elektrische regels en een "Cross-reference" opstellen.
Dat laatste is een overzicht van alle verbanden tussen netten, symbolen en deelschema's in een hiërarchische structuur. Interessant is de mogelijkheid om een DBase-compatibele "Inventory Control" op te stellen, een file waarmee men een database kan organiseren voor magazijnbeheer van de gebruikte onderdelen.

Uiteraard biedt UltiCap de mogelijkheid van "Back annotation". Schema's die door UltiBoard en/of UltiRoute automatisch zijn aangepast (bijvoorbeeld door het verwisselen van aansluitingen van poorten of van identieke poorten in IC's) kunnen onder aangepaste vorm weer op het scherm worden gezet.

Al deze post-processing faciliteiten zitten in afzonderlijke software-modules en kunnen via de UltiShell worden geladen en uitgevoerd.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.5-11:** Een eenvoudig schema, waarvan de .PLC- en .NET-files moeten worden aangemaakt.

## De .PLC- en .NET-files

Van al deze post-processing faciliteiten zijn de PLC- en NET-files de belangrijkste. Tenminste, als het de bedoeling is het moeizaam getekend schema automatisch in een print te laten omzetten!
De .PLC-file is de component-file, de .NET-file de netlist.

Als voorbeeld wordt in figuur 3/8.9.5-11 een eenvoudig schemaatje gegeven, dat via UltiBoard op een print moet worden ondergebracht.
De eerste file die door UltiCap moet worden aangemaakt is de component-file, weergegeven in figuur 3/8.9.5-12. Deze file bevat een lijst van alle componenten die in het schema aanwezig zijn, met de naam van hun behuizing en hun waarden. Doordat bijvoorbeeld IC2 een DIP14 code heeft voor de behuizing, weet UltiBoard dat het voor dit onderdeel een dual-in-line behuizing met 14 pennen moet reserveren.

Nadien geeft men UltiCap opdracht tot het opstellen van de netlist (figuur 3/8.9.5-13).
Deze lijst bevat een lijst van alle aansluitingen van de componenten, die met elkaar verbonden zijn. Een dergelijke set verbindingen wordt een net genoemd en het totaal van alle verbindingen in een schema een ratsnest.

**8.9 Software voor de ontwerper**

| Component Name | Shape Name | Alias Name |
|---|---|---|
| C1 | CRM7A | 100N |
| H1 | HOLE35 | HOLE |
| H2 | HOLE35 | HOLE |
| H3 | HOLE35 | HOLE |
| H4 | HOLE35 | HOLE |
| IC1 | TO126 | LM7805 |
| IC2 | DIP14 | LM324 |
| IN1 | PIN | PIN |
| IN2 | PIN | PIN |
| NULL | PIN | PIN |
| OUT | PIN | PIN |
| P1 | POT1 | 2K5 |
| P2 | POT1 | 2K5 |
| R1 | RES12 | 100K |
| R2 | RES12 | 10K |
| R3 | RES12 | 680 |
| R4 | RES12 | 1K |
| R5 | RES12 | 1K |
| R6 | RES12 | 1K |
| R7 | RES12 | 1K |
| R8 | RES12 | 6K8 |
| R9 | RES12 | 6K8 |
| R10 | RES12 | 2K2 |

**Figuur 3/8.9.5-12:** De component-file bevat een lijst met alle componenten, hun behuizing en hun waarde.

| Net Name | Components and Pins |
|---|---|
| GND | C1-2, IC1-2, IC2-11, R2-2 |
| VCC | IC2-4, IC1-1 |
| N00001 | R1-1, R3-1, IC1-3, C1-1 |
| N00002 | R6-1, P1-1, R3-2 |
| N00003 | R6-2, IC2-12, R8-1 |
| N00004 | IC2-13, R9-1, R7-2 |
| N00005 | P1-2, IC2-5 |
| N00006 | R4-1, P1-3 |
| N00007 | IC2-7, IN2-1, R7-1 |
| N00008 | IC2-14, P2-1, R9-2 |
| N00009 | R5-1, IN1-1, IC2-6 |
| N00010 | IC2-3, R2-1, R1-2 |
| N00011 | NULL-1, R4-2, R5-2, IC2-2, IC2-1, R8-2, R10-2 |
| N00012 | P2-2, OUT-1 |
| N00013 | P2-3, R10-1 |

**Figuur 3/8.9.5-13:** De netlist bevat een overzicht van alle verbindingen tussen de onderdelen in het schema.

# UltiBoard

## Inleiding

De geteste versie "Entry level 4.21" wordt geleverd op twee high density 5.1/4 inch diskettes en kan op dezelfde gebruikersvriendelijke manier geïnstalleerd worden als UltiCap. Het pakket bevat een geïntegreerde router UltiRoute die meteen in de eigen shell ondergebracht wordt. Er kan echter een probleem ontstaan als men werkt onder MSDOS versie 4.01. Het pakket wil met bepaalde versies van dit besturingssysteem niet samenwerken en geadviseerd wordt zelfs om terug te schakelen naar MSDOS versie 3.xx!

## Configureren van UltiBoard

Na het installeren is het absoluut noodzakelijk het programma te configureren. In deze configuratie moeten namelijk een groot aantal opties worden ingesteld, in totaal biedt UBCONFIG meer dan 100 instellingen.
De belangrijkste daarvan zijn het instellen van de "force vectors" en het "density histogram". Dat zijn twee zeer krachtige faciliteiten die het plaatsen van de onderdelen op de print begeleiden.

Het density histogram (figuur 3/8.9.5-14) geeft een horizontale en vertikale verdeling van de dichtheid van de verbindingen op de print. Men moet er naar streven de onderdelen zo op de print te plaatsen dat deze histogrammen zo vlak mogelijk verlopen. Het sporenpatroom is dan gelijkmatig over de print verdeeld en de kans dat de router er in slaagt de volledige print te routen neemt daardoor aanmerkelijk toe.

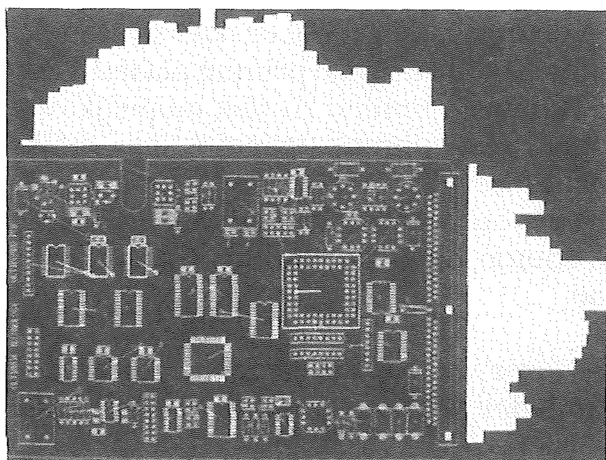
De force vectors zijn kleine vectoren die aan ieder geplaatst onderdeel gekoppeld worden.
De lengte en de richting van deze vectoren geven de door UltiBoard voorgestelde meest gunstige verplaatsingsrichting- en afstand van ieder component weer. In de praktijk valt het echter niet mee om de

componenten dusdanig te plaatsen dat alle vectoren zo klein mogelijk zijn. Het verplaatsen van één component heeft immers onmiddellijk gevolgen voor de vectoren van alle overige componenten.

Een andere zeer nuttige faciliteit van UltiBoard is de mogelijkheid printen iedere gewenste vorm te geven. Men kan de omtrekken van een print niet alleen door een rechthoek, maar ook door bogen en korte lijnstukken definiëren.

Het "swaplevel" geeft aan in hoeverre de software pennen van identieke poorten en identieke poorten uit verschillende IC's van plaats mag verwisselen.

Een handige optie in de "colors setting" is de mogelijkheid dat aansluitingen van onderdelen die nergens mee verbonden zijn in een zeer contrasterende kleur op het scherm worden getekend. Een extra hulpmiddel om ontwerpfouten vroegtijdig op te sporen!



**Figuur 3/8.9.5-14:** De density histograms en de force vectors zijn twee heel handige hulpmiddelen om de onderdelen zo gunstig mogelijk op de print te plaatsen.

**Opstarten van UltiBoard**

UltiBoard kan op twee manieren gebruikt worden.
Op de eerste plaats kan men het pakket gebruiken om volledig met de hand een print te ontwerpen. Dat betekent behuizingen uit de bibliotheek selecteren, deze op de print zetten en nadien alle pennen met de hand verbinden. In wezen werkt het programma dan net zoals UltiCap en de bediening en de ter beschikking staande functies zijn zelfs volledig identiek.
Op de tweede plaats kan men een met UltiCap getekend schema semi-automatisch tot een print laten omzetten. Dat is natuurlijk de meest veelbelovende optie van een print ontwerp programma en het is dan ook deze optie die in deze bespreking alle aandacht krijgt.

UltiBoard kan zowel opstarten met een reeds bestaand printontwerp als met een schema-ontwerp. In dat laatste geval moet men via "Import" eerst de componentenfile laden en nadien de netlist die bij het schema hoort. Hierbij kan zich het probleem voordoen, zeker bij import uit andere tekenpakketten dan UltiCap, dat er geen automatische koppeling tot stand komt tussen een onderdeel en een behuizing daarvoor. Dan moet men dan met de hand in UltiBoard doen of met een tekstverwerker de componenten-file aanpassen.

**De behuizingen van UltiBoard**

Wat onderdelen bibliotheken voor een schema teken programma zijn, zijn bibliotheken met behuizingen voor een print ontwerp pakket! Maar uiteraard zijn er veel en veel minder behuizingen in omloop dan onderdelen! Bij Ultiboard zitten deze allemaal in één bibliotheek. Deze standaard-bibliotheek bevat 181 outlines.

Een goede basis om de meeste standaard printen volledig van passende behuizingen te kunnen voorzien.
Uiteraard zijn ook alle gestandaardiseerde SMD-behuizingen aanwezig.

Via de menu-selectie "SHAPES" komt men in het hoofdmenu waarmee men de beschikbare behuizingen kan bekijken, de codering kan achterhalen, behuizingen kan wijzigen maar ook nieuwe kan aanmaken.
Het menu bevat slechts vier selecties, namelijk:
- EDIT;
- LIST;
- KILL;
- COPY.

Met "LIST" kan men alle behuizingen in de bibliotheek bekijken. Er verschijnt een lijstje op het scherm, na het selecteren van een behuizing kan men de vorm daarvan via F2 op het scherm bekijken.

Wil men de behuizingen handmatig op een print aanbrengen, dan is men verplicht de naam van de behuizing in te toetsen. Vandaar dat men een overzicht moet hebben van alle outlines en hun namen. Ultiboard levert zes .DDF-files, dus in feite print-files, waarop alle behuizingen zijn aangebracht met hun naam. Men doet er verstandig aan eerst deze zes "printen" uit te plotten of te printen, zodat men weet welke naam bij welke behuizing hoort.

Het zou te ver voeren in het kader van deze bespreking het aanmaken van nieuwe behuizingen uitvoerig te bespreken. Wel kan vastgesteld worden dat het proces in het begin vrij moeizaam verloopt. Naarmate de ervaring met het programma toeneemt zal men echter constateren dat ook deze procedure zeer gebruikersvriendelijk is opgezet.

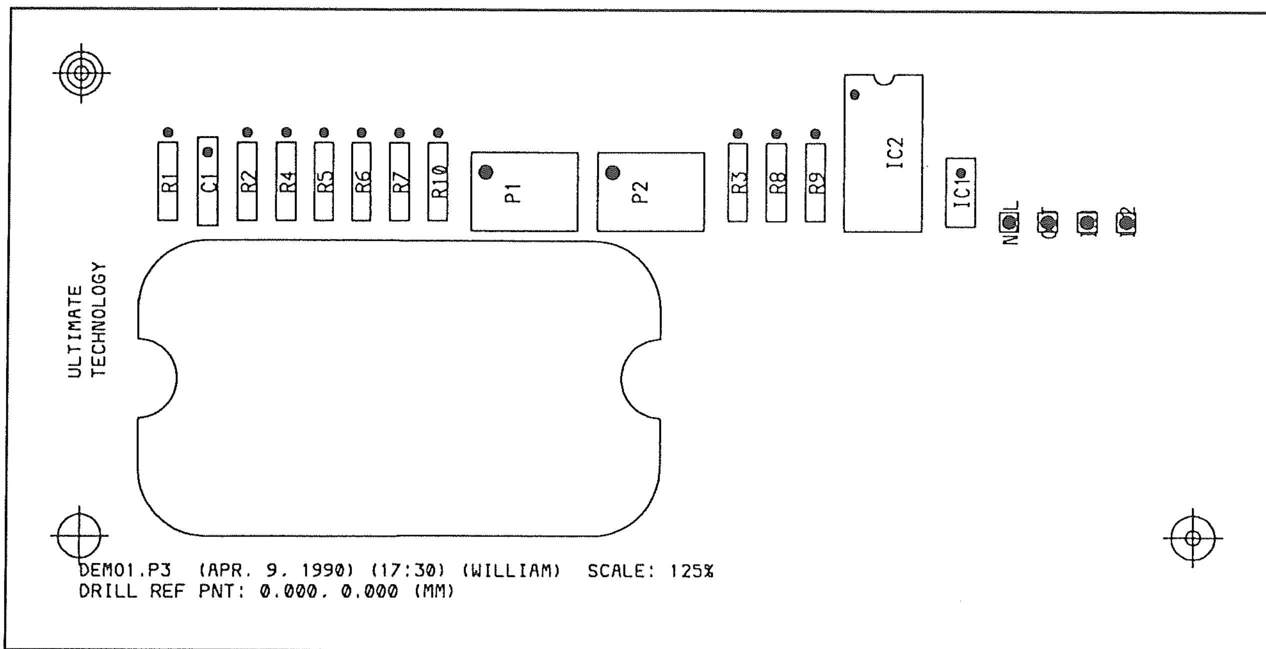
**Het automatisch plaatsen van de behuizingen**

Na het inlezen van de .PLC-files zet UltiBoard alle componenten, voorzien van hun volgnummer en onder de vorm van hun behuizingen, naast elkaar op het scherm boven de eerst handmatig getekende omtrek van de print (figuur 3/8.9.5-15).

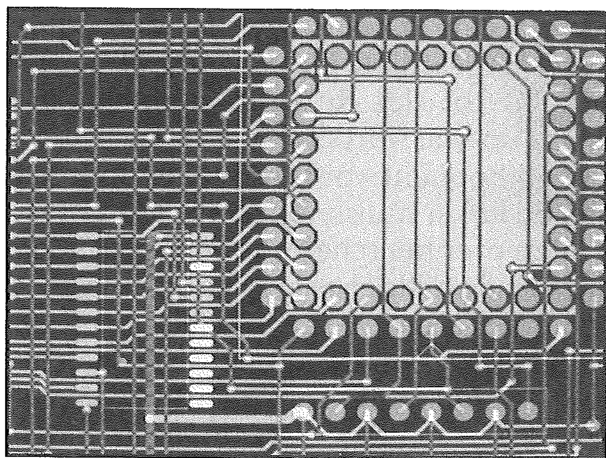
Het plaatsen van de componenten op de print is nog steeds een werkje dat men zélf moet uitvoeren. Maar gelukkig biedt UltiBoard daarbij een aantal zeer nuttige hulpmiddelen. Op de eerste plaats het "ratsnest", dat alle verbindingen tussen componenten recht-toe-recht-aan op het scherm zet. Daarnaast de reeds genoemde force vectoren, die suggesties doen over de meest geschikte plaats van de onderdelen. En tot slot de histogrammen, die steeds on-line worden bijgewerkt.
Een component wordt verplaatst door het met de linker muisknop aan te klikken en nadien over het scherm te verslepen. Een druk op de middelste muisknop draait het component over 90°. Door een druk op F5 kan men een component van de ene naar de andere zijde van de print verplaatsen. Zeer handig als men met SMD-componenten werkt!

Een belangrijke optie van UltiBoard is dat men de mogelijkheid heeft grote koperen vlakken op alle lagen aan te brengen. Deze vlakken kunnen iedere gewenste vorm hebben en er bestaat zelfs de mogelijkheid het programma zo te instrueren dat reeds gelegde sporen automatisch in deze vlakken worden uitgespaard (figuur 3/8.9.5-16).

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.5-15:** UltiBoard zal, na het inlezen van de .PLC-file, alle behuizingen van de onderdelen netjes op een rij boven de print zetten.



**Figuur 3/8.9.5-16:** Het aanbrengen van grotere koperen vlakken van willekeurige vorm is voor UltiBoard geen probleem.

## De printsporen aanbrengen

Na het inlezen van de netlist kan men een basis-spoorbreedte selecteren. Maar daarbij is het mogelijk om aan bepaalde netten, zoals voeding en/of massa, afwijkende spoorbreedtes toe te kennen. Wél is het dan noodzakelijk dat men de naam van deze netten weet, zodat het aan te bevelen is voordat men met het ontwerpen van de print begint de netlist uit te printen.

Het leggen van de printsporen gaat automatisch of handmatig.
Men moet handmatig starten met het aanbrengen van kritische printsporen. Als men een aansluiting van een onderdeel aanklikt verschijnt automatisch de eerste verbinding van het ratsnest van het net van dat onderdeel in beeld.
Na het leggen van het eerste printspoortje verschijnt de tweede recht-toe-recht aan verbinding uit het betreffende ratsnest in beeld.
Op deze manier kan men vrij snel en overzichtelijk het gehele net routen. Ook nu wordt een on-line ERC ingeschakeld, die verbindingen op hun geldigheid controleert. Dit laatste geldt uiteraard alleen als men een netlist heeft ingelezen.

UltiBoard beschikt over tal van handige, nuttige en soms zelfs unieke middelen om het de ontwerper zo gemakkelijk mogelijk te maken.
Zo kan men met een druk op F3 het volledige ratsnest van het ontwerp even in beeld brengen. Een druk op de middelste muisknop en men belandt op de tweede laag van het ontwerp, waarbij het pakket volledig automatisch een via (doorcontactering) plaatst. Door het indrukken van de spatiebalk kan men overschakelen van 90°/90° plaatsing van printsporen naar 90°/45°.

# UltiRoute

**Inleiding**
Na het handmatig aanbrengen van de kritische sporen kan men, zonder UltiBoard te verlaten, de automatische router UltiRoute inschakelen. Alle nog niet aangebrachte netten worden nu zeer snel aangebracht, waarbij het programma de routing een aantal malen doorloopt om overbodige via's te verwijderen. Reeds geplaatste sporen worden automatisch verplaatst als zij in de weg zitten bij het routen van een ander net.
Bovendien bestaat de mogelijkheid de router zo in te stellen dat in een laatste procesgang alle printsporen nog eens op de print worden geplaatst, maar nu zo evenwichtig mogelijk over het printoppervlak verspreid.

**Verdere mogelijkheden**
UltiRoute heeft uiteraard de mogelijkheid om dubbelzijdige printen te ontwerpen, waarbij horizontale verbindingen op de componentenzijde en vertikale op de soldeerzijde worden aangebracht.
Men kan zelfs multi-layer printen ontwerpen, maar dat gaat natuurlijk ver boven de mogelijkheden van de doe-het-zelver!
Het routing-proces wordt in de bovenste informatieregel van het scherm volledig gedocumenteerd.
Uiteraard kan men de autorouter ook alleen op een geselecteerd net loslaten. Daarbij kan men kiezen uit "ALL NETS" of alleen uit "INCOMPLETE NETS". In beide gevallen verschijnt een lijstje met de betreffende netten en kan men er eentje selecteren.
Het is ook mogelijk via "EXCLUDE NETS" bepaalde netten uit te sluiten voor het autoroute-proces.

Het is mogelijk de vormen van pads en de manier waarop de printsporen met deze pads worden verbonden automatisch aan te passen aan de manier waarop de printen gesoldeerd gaan worden. Zeer belangrijk bij SMA-ontwerpen, omdat daarbij de manier van solderen rechtstreeks invloed heeft op wat wél en niet op de print mag worden aangebracht.

UltiRoute werkt met volledig automatische pin- en gate-verwisseling in hetzelfde IC, maar ook over identieke IC van een ontwerp! Dit kan in belangrijke mate de lengte van de verbindingen verkleinen.

Reeds geplaatste sporen kunnen automatisch verplaatst worden als zij in de weg zitten voor het routen van andere netten.
Bij het aanbrengen van vlakken of brede massa- en voedingslijnen worden automatisch zogenaamde "thermal breaks" ingevoerd rond de gaatjes die in deze vlakken vallen.
Dat wil zeggen dat het koperpatroon rond deze gaatjes voor de helft onderbroken wordt, zodat de warmte bij het solderen

minder snel kan afvloeien naar het grote kopervlak. De router werkt met vier "passes". Bij de eerste pass worden alle verbindingen gelegd.
De drie overige passes zijn optimaliseringsprocedures, die niet alleen het aantal via's drastisch reduceren, maar bovendien de aangebrachte netten evenwichtiger verdelen over de beschikbare ruimte.

# Printen en plotten

**Inleiding**
UltiCap en UltiBoard hebben zélf geen uitvoer-opties.
Deze staan in de UltiShell zodat het dus niet mogelijk is even snel vanuit het programma een ontwerp uit te printen. De print- en plot-faciliteiten zijn zeer uitgebreid en vereisen zelfs een vrij uitgebreide studie alvorens men er mee aan de slag kan.

**Mogelijkheden**
Een industrieel printontwerp bestaat uit verschillende lagen.
Daarbij moet men niet alleen denken aan de een of twee lagen met koperbanen, maar ook aan zaken zoals:
- de componentenopdruk;
- het soldeermasker;
- het boorschema.

Uiteraard kan men al deze lagen afzonderlijk laten uitprinten, maar bovendien bestaat de mogelijkheid in één print op een kleurenprinter al deze lagen op elkaar te printen, maar in afwijkende kleuren. Op deze manier krijgt men een goed overzicht van het ontwerp en kan men dit nog eens grondig op fouten onderzoeken.

# 3/8.9.6
# Maximus-CBCS

## Inleiding

**Waarom bulletin board software?**
In eerste instantie lijkt het misschien vreemd dat in een hoofdstuk dat handelt over "Software voor de ontwerper" een bulletin board systeem zoals Maximus-CBCS wordt beschreven. Met een dergelijk programma kan men, als men over een modem beschikt, via de eigen computer communiceren met bulletin board's. Maar het is ook mogelijk zélf een eigen klein BBS'je op te zetten.

Dat is een toepassing die de laatste jaren snel opgang vindt! Opzet van een bulletinboard, dat letterlijk uit het Amerikaans vertaald "aanplakbord" betekent, is om kond te doen van wetenswaardigheden uit de computer- en elektronica-wereld. En daar gaat het nu net over! Want op een aantal BBS'en kan men, gratis voor niets, demonstratie-programma's laden van bekende en veel gevraagde ontwerpers-software, zoals UltiBoard, UltiCap en Protel. De meeste demo's werken zoals de echte programma's, maar zijn zeer beperkt in hun mogelijkheden. Zo kan men bijvoorbeeld slechts printen ontwerpen met maximaal 100 componenten. Onbruikbaar voor de professional, maar voor de doe-het-zelver zeer interessant om, zonder duizenden gulden uit te moeten geven, kennis te maken met de intrigerende wereld van CAD in de elektronica.

Maar naast deze demo's treft men op verschillende BBS'en ook nuttige elektronische programma's aan. Zoals bijvoorbeeld een ingekorte versie van het in hoofdstuk 3/8.9.3 besproken programma "Torbase" of een programma zoals "MicroCap", waarmee men schema's elektronisch door de computer kan laten doorberekenen. Ook zijn er files te laden die aanwijzingen geven hoe men zélf op een eenvoudige manier een Filmnet-decoder kan bouwen! En het schijnt dat er zelfs een databank is die gespecialiseerd is in tips en truc's om gratis over de gehele wereld te telefoneren!

Kortom, ook voor de elektronicus pursang is het bezit van een goed communicatie-programma zeer voordelig.

**Maximus**
Het Canadese Maximus-CBCS is één van de pakketten, die iedereen kan gebruiken om te communiceren met databanken.
Voor de hobbyist is Maximus-CBCS zonder kosten te gebruiken.
Maximus is op dit moment een van de populairste programma's, omdat het geadopteerd is door de Hobby Computer Club HCC. Alleen al deze club heeft tientallen BBS'en in gebruik, waarvan er som-

mige voor de elektronicus zeer interessant zijn.
Maximus-CBCS is de opvolger van het bulletinboard-pakket Opus 1.03 en Opus 1.10. De verschillen tussen beide bulletinboard-systemen zijn groot. Een heleboel onderdelen van Maximus lopen veel sneller dan in Opus. Het programma dat de boodschappengebieden afzoekt naar nieuws is bijvoorbeeld 10.000 % sneller dan dit in Opus. De 1.03-versie van Opus is voor 99 % compatibel met Maximus.

Maximus-CBCS is verkrijgbaar op een aantal BBS'en in Nederland. Bovendien draaien steeds meer BBS'en op Maximus-CBCS.

# Kennismaking met Maximus-CBCS

### Inleiding

Maximus-CBCS is een bulletin board system. Dat wil zeggen dat men er zowel BBS'en mee kan opzetten als BBS'en mee kan afvragen.
Om duidelijk te maken wat voor mogelijkheden dit programma heeft zal uitvoerig ingegaan worden op de manier waarop een BBS met Maximus-CBCS kan worden opgezet.

### Systeemvereisten

Maximus-CBCS draait op elke computer, die minimaal 256 kB intern geheugen heeft en op versie 2.0 of hoger van MS-DOS of PC-DOS draait. De versies 3.2 en hoger verdienen de voorkeur.
Maximus-CBCS zelf gebruikt niet meer dan 146 kB van het intern geheugen. De modem moet Hayes-compatibel zijn. Weliswaar kan Maximus-CBCS met een andere type modem samenwerken, maar de sysop (afgeleid van de Engelse term system operator = systeembeheerder) maakt het zichzelf dan nodeloos moeilijk, luidt de waarschuwing van de programmamakers.
Maximus-CBCS heeft in elk geval een harde schijf nodig, het liefst eentje van 40 MB of meer.
Verder moet een FOSSIL communicatiedriver aanwezig zijn, in elk geval de herziene versie 5 of hoger.

### Gebieden

Maximus-CBCS ondersteunt in totaal 1.296 boodschappengebieden. In alle gebieden kunnen de commando's List, Scan, Next, enzovoort, worden gegeven. De verwerkingssnelheid van de commando's is meer dan twee keer zo groot dan in voorganger Opus.
Elk gebied kan een eigen toegangsniveau worden toegekend.

### Lock and Key

Het zogeheten Lock and Key-systeem van Maximus-CBCS biedt de mogelijkheid om elk van de berichten- en bestandengebieden aparte toegangsrechten te geven. Gebruikers kunnen een wachtwoord toegewezen krijgen, waarmee ze tot bepaalde gebieden toegang kunnen krijgen.

### Weigeren

Maximus-CBCS biedt de sysop de mogelijkheid om een ASCII-file te maken, waarin alle namen staan van mensen die hij de toegang tot zijn systeem weigert.

### Menustructuur

De menustructuur van Maximus-CBCS kan helemaal aan de wensen van de gebruiker worden aangepast.

Natuurlijk kan de sysop gebruik maken van de voorgebakken menu's, maar dat is niet verplicht.

**MECCA**
Maximus-CBCS heeft een ingebouwde compiler, waarmee *.BBS bestanden aangemaakt kunnen worden. Deze worden gebruikt voor bijvoorbeeld menu's en kunnen in ASCII worden aangemaakt. Met de MECCA-compiler (Maximus Embedded Command Compiler, Advanced) worden de ASCII-bestanden gecompileerd tot *.BBS bestanden.

**Tekstverwerkers**
Maximus-CBCS heeft twee verschillende tekstverwerkers aan boord.
- MAXED is een fullscreen tekstverwerker, die veel sneller is dan zijn voorganger in Opus en meer mogelijkheden biedt, zoals het invoegen van een woord in een alinea.
- BORED is een regel-georiënteerde tekstverwerker, die de gebruiker de mogelijkheid biedt om citaten te halen uit een boodschap waar een reactie op moet komen.

**Extern**
Met bepaalde commando's kan de opbeller helemaal uit Maximus stappen en vervolgens een extern programma draaien. Zodra de gebruiker weer terug wil naar het Maximus-CBCS dan komt hij op exact dezelfde plaats uit waar hij het bulletinboard verliet.

**Logfile**
Maximus-CBCS biedt de mogelijkheid om een logfile aan te leggen, waarin alle gegevens worden bijgehouden als een gebruiker een file down- of uploadt. De naam van de gebruiker komt er in, de naam van de file, het opslaggebied, tijd en datum.

**Opzet**
Maximus-CBCS kan worden opgezet als een bulletinboard voor hobbyisten en bedrijven.
Het programma kan ook in besloten kring worden gebruikt. Nieuwe gebruikers worden dan niet toegelaten. De sysop bepaalt wie van het BBS gebruik mag maken. Voor bedrijven, die de communicatie tussen hun medewerkers en het eigen computersysteem willen optimaliseren, een erg bruikbare toepassing.

# De installatie van Maximus

**Bestanden**
Alle bestanden van Maximus zijn in drie zip-files gecomprimeerd. Met het programmaatje PKUNZIP.EXE kunnen deze bestanden worden uitgepakt.
De gebruiker krijgt dan de zogeheten *.fiz-files van Maximus, waarin de originele bestanden op hun beurt weer zijn ingepakt.

**INSTALL.EXE**
De uitgepakte *.zip-files worden verder uit elkaar gehaald door het bij Maximus geleverde installatieprogramma INSTALL.EXE. INSTALL.EXE pakt Maximus-CBCS' eigen archief-files (met de extensie "fiz") op zijn beurt weer uit.
Het gaat om de volgende vier bestanden:
- system.fiz: alle systeem-bestanden;
- renum.fiz: alle renum-bestanden;
- misc.fiz: menu-bestanden;
- hlp.fiz: help-bestanden.

**Basisbestanden**
Na het uitpakken met INSTALL.EXE verschijnen de volgende bestanden in de opgegeven directory:
- MAX.EXE
  Het hoofdprogramma van Maximus-CBCS.
- MAX.PRM
  Het bestand waarin de parameters van Maximus-CBCS worden geschreven.
- MAX.CTL
  Met tekstverwerker gemakkelijk te manipuleren voorbeeld-file om de structuur van Maximus-CBCS op te zetten.
- AREAS.CTL
  Voorbeeld-file om file-gebieden op te zetten.
- MENUS.CTL
  Voorbeeld-file om menu-gebieden op te zetten.
- SILT.EXE
  Compiler, die de control-files van Maximus (met de extensie ".ctl") compileert naar bestanden, die Maximus-CBCS nodig heeft om te werken.
- MAX.DOC
  De zeer gedetailleerde handleiding van Maximus, die ongeveer 150 pagina's telt.
- !README.1ST
  Een aantal aanvullingen op de handleiding.

**Compilatie bestanden**
Na het compileren van de file MENU.CTL met SILT.EXE worden de volgende bestanden gecreëerd:
- AREA.DAT
  Bestand met de definities en data van de boodschappen- en bestandengebieden.
- AREA.IDX
  Index van de boodschappen- en bestandengebieden.
- CHANGE.MNU
  Menu voor veranderen van de eigen gegevens door de gebruiker.
- MAIN.MNU
  Bestand waarin het hoofdmenu in staat.
- MESSAGE.MNU
  Menu voor het boodschappengebied.
- EDIT.MNU
  Menu voor het schrijven van berichten.
- ANSI2BBS.EXE
  Verandert de door de gebruiker aangemaakte ANSI-files in de voor Maximus bruikbare AVATAR-graphics.
- CONVERT.DOC
  Handleiding voor het converteren van het bulletinboard Opus 1.0x naar Maximus-CBCS 1.0.
- CVTUSR.EXE
  Utility om de USER.BBS van Opus 1.0x te converteren naar Maximus-formaat.
- FILE.MNU
  Bestand waarin het menu voor de file-afhandeling staat.
- MAXREN.EXE
  Hernummert de boodschappen, die in Maximus zijn aangemaakt.
- MAXREN.DOC
  Toelichting op utility MAXREN.EXE.
- MECCA.EXE
  "Maximus Embedded Command Compiler".
  Compileert ASCII-bestanden (met de extensie .BBS), waarin informatie staat die de gebruiker informeert over allerlei zaken in en rond het bulletinboard.
- USER.BBS
  Bestand met alle gegevens over gebruikers van het bulletinboard.
- PIPER.EXE
  Utility die zorgt voor aanpassing van Opus-bestanden als SYSTEM*.BBS en AREA.BBS.
- RENUM.EXE

Beheert de berichten in de boodschappengebieden.
- RENUM.DOC
  Tekst en uitleg bij RENUM.EXE.
- RENUM.DIF
  Een ASCII-bestand om RENUM.EXE aan te passen aan eigen wensen.
- SCANBLD.EXE
  Snelle utility, die razendsnel grote gebieden met boodschappen scant.

**Directories**

Het installatieprogramma zorgt voor de aanmaak van de belangrijkste directories. Het gaat om de directory \MAX en de subdirectories \MAX\HLP en \MAX\MISC.

Men kan ook zélf directories aangeven, maar tenzij de gebruiker heel goed weet wat hij doet, verdient het aanbeveling om de door het programma aangegeven namen van directories aan te houden.
In MS-DOS moet de gebruiker vervolgens zelf nog een aantal directories aanmaken:
- \MAX\TEMP voor tijdelijke bestanden, die Maximus zelf aanmaakt en na gebruik weer vernietigt, deze directory mag daarom niet voor andere doeleinden worden gebruikt;
- \MAX\FILE voor boodschappen en bestanden;
- \MAX\MSG voor boodschappen.

Met deze directories is de basis voor het Maximus-CBCS gelegd.

**Modemconfiguratie**

Het gebruik van een Hayes-compatibel modem wordt ten zeerste aangeraden. Weliswaar kan Maximus ook met een niet-Hayes-compatibel modem draaien, maar dat is vragen om problemen. De Data Carrier Detect (DCD) is in dit verband spelbreker.
De modem stuurt het DCD-signaal naar de computer als hij contact heeft met een ander modem. Maximus wil echter het tegengestelde.
De Hayes-compatibel modem kan met elk willekeurig communicatieprogramma aan de eisen van Maximus worden aangepast.
Eenmaal in het programma kan met het bekende AT-commando van het Hayes-protocol de fabrieksinstelling worden gewijzigd. Met het intikken van "AT&C1&S1&D2&W" en vervolgens <Enter> is de klus geklaard.

**FOSSIL-driver**

Terwijl de meeste communicatieprogramma's de seriële communicatieroutines zelf afhandelen, kan Maximus-CBCS dat niet. Daarvoor moet een zogeheten FOSSIL-driver in het interne geheugen of als device-driver worden geïnstalleerd. FOSSIL staat voor Fido Opus Seadog Standard Interface Layer. De FOSSIL werkt op de achtergrond en handelt alle communicatiehandelingen af.
Voor met name computers die niet 100 % compatibele met seriële hardware zijn, biedt zo'n FOSSIL-driver perspectief. Nadeel is dat een dergelijk programma niet bij Maximus-CBCS wordt geleverd.
Dat moet de gebruiker zelf zien te bemachtigen.
De meeste bulletinboard systemen in Nederland hebben verschillende uitvoeringen voorradig. Maximus-CBCS werkt alleen met de nieuwste versies van FOSSIL, de zogeheten "FOSSIL Revision 5" of hoger.

De bekendste FOSSIL's zijn X00.* en BNU.*. Met een extra opdracht in het AUTOEXEC.BAT zijn de *.EXE- of *.COM-bestanden van beide program-

ma's in het interne geheugen te installeren.

Ook is het mogelijk om X00.* en BNU.* als driver in het CONFIG.SYS bestand op te nemen.

**Voorbeeld**
De installatie van BNU.COM in AUTOEXEC.BAT is een kwestie van de regel:
**BNU**
toevoegen aan deze batch-file. Voorwaarde is dat BNU.COM in dezelfde directory staat als AUTOEXEC.BAT.
De installatie van X00 op de communicatiepoort 1 gaat als volgt.
Voeg de regel:
**DEVICE=X00.SYS**
toe aan de CONFIG.SYS in de root-directory. Ook nu weer moet het X00.sys-bestand in de root-directory staan, want anders kan de FOSSIL-driver niet worden geïnstalleerd.
Overigens is BNU.COM meer flexibel dan de device-driver BNU.SYS, want BNU.COM is als TSR-programma (Terminate and Stay Resident) niet alleen te laden en uit het interne geheugen te verwijderen, maar ook kan het worden geactiveerd en "slapend" actief blijven. Anderzijds kan BNU.SYS weer beter worden ingezet als in het interne geheugen geen ruimte meer is voor BNU.COM.

BNU.* ondersteunt vier communicatiepoorten in 16 verschillende configuraties, neemt erg weinig geheugenruimte in beslag, is erg snel en laadt zichzelf niet vaker dan eenmaal.

**Configuratie**
Vóór alles moet het configuratiebestand CONFIG.SYS worden aangepast aan de minimale eisen, die Maximum-CBCS aan de computer stelt. In de CONFIG.SYS moet in elk geval de buffer-status worden veranderd.
Voor PC's en XT's moet de regel "BUFFER=20" worden opgenomen. Voor AT's en 386- en 486-systemen verbetert "BUFFER=30" de performance van de computer aanzienlijk.
Ook het aantal tegelijk te openen files in MS-DOS moet worden aangepast aan de wensen van Maximus-CBCS. De statusregel in de CONFIG.SYS moet in elk geval "FILES=20" worden.
Met een getal kleiner dan 20 weigert Maximus alle dienst. Zeker als een multitask-programma DoubleDOS of Desqview wordt gebruikt, kan dat aantal worden verdubbeld, dus dan wordt de status "FILES=40".
Op de meeste computers zal het bestand CONFIG.SYS standaard met "DEVICE.SYS" als device-driver draaien. Het bestand ANSI.SYS staat op elke DOS-diskette en moet naar de root-directory worden gekopieerd.

**Control-files**
De mogelijkheden van Maximus-CBCS zijn zeer uitgebreid. De sysop kan de meeste van de toepassingen besturen met de drie control-files: MAX.CTL, AREAS.CTL en MENU.CTL.
Dat zijn drie tekstbestanden die met elk tekstverwerkingspakket aangepast kunnen worden.
De bestanden zelf zijn voorzien van een uitgebreide toelichting, die kan blijven staan op het moment dat de files zelf worden gecompileerd.
De toelichtende tekst in de file is op elke regel namelijk voorzien van een procent-teken, dat de compiler van Maximus opdracht geeft de betreffende regel te negeren.

**8.9 Software voor de ontwerper**

```
===================================================================
%            ___               ____        ___  ___  ___  ___     =
%   /|// /__/ \/  / /|// / / /____ ___  /    /__/ /    /___     =
%  / / / /   /\  / /  / /__/ ____/     /___ /__/ /___ ____/     =
%                                                                 =
%              The Maximus-CBCS v1.00 Control File               =
%                                                                 =
%                                                                 =
%     This plain ASCII file is input for the SILT compiler,      =
% which turns it into files needed for Maximus-CBCS to operate.  =
% To edit this file, you should use either a straight ASCII      =
% editor, or a word processor in NON-DOCUMENT mode.  Comments    =
% can be placed in this control file by placing a percent sign   =
% ('%') or other punctuation symbol as the FIRST NON-SPACE       =
% CHARACTER on a line.  Everything AFTER the punctuation symbol  =
% will be considered a comment, and will not be processed.       =
===================================================================
```

**Figuur 3/8.9.6-1:** De header van MAX.CTL.

Met MAX.CTL, AREAS.CTL en MENU.CTL kan van alles worden gemanipuleerd, van hoofdmenu tot loginscherm, van boodschappengebied tot presentatie van de wijze spreuk bij afscheid van het bulletinboard.
Want geen enkele sysop kan afscheid nemen zonder de beller een erudiet spreekwoord ten beste te hebben gegeven. Daarvoor heeft Maximus-CBCS een speciaal bestand, dat desgewenst uitgebreid kan worden.

**MAX.CTL**
Maximus-CBCS wordt bestuurd door de informatie, die in het bestand MAX.CTL staat aangegeven. De uitgebreide tekstfile herbergt een groot aantal commandoregels, die voorafgegaan worden door een toelichting.
Om een indruk te geven van de opbouw van deze file wordt in figuur 3/8.9.6-1 de header van MAX.CTL afgedrukt.

**Control-files**
De meest ingewikkelde klus is het opzetten van de drie control-files van Maximus-CBCS. Nieuwe sysops doen er verstandig aan de aanwijzingen in het programma te volgen en alleen de meest belangrijke zaken in de control-files aan te passen aan de eigen wensen.
Als de sysop eenmaal met Maximus vertrouwd is geraakt, kan hij of zij verder met de control-files.
Deze drie ASCII-bestanden zijn bedoeld voor de SILTcompiler, die deze omzet in een speciaal voor Maximus-CBCS gecompileerd bestand.

**Secties**
In de Control-files wordt een lange rij commando's omschreven. De commando's zijn op hun beurt in elke control-file weer onderverdeeld in secties. Een aantal daarvan volgt hierna.
- System section

In de System section worden allerlei zaken, zoals de naam van het BBS, aangegeven.
Alle onderdelen die in een bepaalde categorie zijn ondergebracht, worden voorafgegaan door een regel met daarin de naam, in dit geval "System section" en weer afgesloten met "End ..." en op de plaats van de stippeltjes de naam van de sectie.

- Name
  Een sysop kan zijn eigen bulletinboard een naam geven. Bedrijven kunnen hier hun eigen naam plaatsen. De naam wordt onder andere gebruikt voor de EchoMail en verschijnt ook op het beeldscherm zodra iemand inlogt.
- Sysop
  Een systeembeheerder kan achter de term Sysop zijn eigen naam zetten.
  Als de sysop niet bij gebruikers bekend wil worden, vult hij hier niets in.
- Snoop
  Een aardige optie in MAX.CTL is de mogelijkheid om te bekijken wat een gebruiker doet terwijl hij in het bulletinboard bezig is.
  Daartoe moet het commando Snoop worden gebruikt.
  Het Engelse "to snoop" betekent snuffelen ofwel "zijn neus in andermans zaken steken". In MAX.CTL moet de sysop dan het procentteken aan het begin van de regel, waarop het woord "Snoop" staat, verwijderen.
- Video
  Behalve de IBM-compatibele monitoren kunnen ook niet-compatibele machines met Maximus draaien. Een voorbeeld daarvan is de DEC Rainbow. Maximus geeft drie keuzemogelijkheden: video IBM, video FOSSIL (voor de Dec Rainbow) en video DOS. Een van de drie parameters kan weer worden geactiveerd door het procentteken op dezelfde regel te verwijderen.
- Padnamen
  De verschillende padnamen voor de Maximus-files kunnen in MAX.CTL worden aangegeven. Alle andere directories zijn gerelateerd aan de directory, waarin de hoofdbestanden van Maximus-CBCS zijn geplaatst. Het installatieprogramma adviseert om voor deze bestanden de directory "\MAX" te gebruiken.
- USER.BBS
  Maximus-CBCS bewaart in de file "USER.BBS" van alle gebruikers de naam, adresgegevens, wachtwoord en dergelijke.
  De sysop kan dit bestand desgewenst een andere naam geven. Hij doet dat door aanpassing van de betreffende statusregel in MAX.CTL.
- Logfile
  Een bestand dat door Maximus-CBCS zelf zeer uitgebreid gemaakt kan worden is de LOGFILE. Maximus-CBCS bewaart daarin informatie over alle activiteiten van gebruikers op het bulletinboard.
  Dat kan erg ver gaan.
  Afhankelijk van de wensen van de sysop kan de registratie van de activiteiten worden ingeperkt. Er zijn drie mogelijkheden: "terse" (letterlijk: beknopt), "verbose" (de gulden middenweg wat registratie van activiteiten betreft) en "trace" (zeer uitgebreid verslag).
- Task-number
  Op een en dezelfde harde schijf kunnen meerdere kopieën van Maximus-CBCS draaien. Voorwaarde is wel dat dan het zogeheten "task-number" wordt ingevoerd. In dat geval wordt voorkomen dat de twee verschillende bulletinboard systemen van elkaars be-

standen gebruik maken, waardoor ze in elkaar verstrikt kunnen raken en beide systemen plat gaan.

- Multitasker
  Maximus-CBCS ondersteunt twee multitaskers, te weten DoubleDOS en Desqview. In MAX.CTL kan de sysop een van beide kiezen.
- Outdoor
  Op een bulletinboard kunnen gebruikers ook buiten het eigenlijke BBS stappen, vergelijkbaar met de Shell in de DOS-omgeving.
  Buiten het eigenlijke BBS kunnen allerlei activiteiten worden ondernomen.
  Tal van spelletjes en andere toepassingsprogramma's zijn daar speciaal voor ontwikkeld.
- Reboot
  Systemen die dergelijke externe programma's draaien kunnen onverhoopt voor problemen komen te staan als de gebruiker plotseling de telefoon op de haak gooit.
  Een groot aantal van deze externe programma's vangt dat wel op, maar anderen doen dat weer niet. In het laatste geval verricht Maximus-CBCS wonderen.
  Als in MAX.CTL de status daartoe is aangepast (het procentteken voor "reboot" verwijderen) wordt het systeem elke keer opnieuw gestart als de modemcarrier verdwijnt.
  Voorwaarde is wel dat de sysop zijn computersysteem zo heeft ingesteld dat de computer automatisch Maximus-CBCS weer start.

**Equipment Section**

In de Equipment Section zijn verschillende onderdelen betreffende de communicatie samengevoegd.

- Communicatiepoort
  Onder het hoofdstuk "Output" kan worden aangegeven welke communicatiepoort gebruikt moet worden. In totaal ondersteunt Maximus-CBCS acht poorten (1 tot en met 8).
- Baudmaximum
  De hoogste snelheid van de modem, die op het bulletinboard is aangesloten, kan onder de noemer baudmaximum worden aangegeven. Alle snelheden van de seriële poort worden ondersteund, variërend van 300 tot 38.400 bits per seconde.
- Ophangen
  Helemaal toegesneden op de eigen modem kan de sysop achter de parameter "Busy" het commando ingeven, dat gebruikt wordt om de modem de hoorn op de haak te laten gooien.
  De meest gebruikelijke "hangupstring" voor Hayes-compatibele modems is "v~~^~|ATM0H1|", waarin:
  - v: zet de DTR laag;
  - ^: zet DTR hoog;
  - ~: zorgt voor een pauze van een seconde;
  - ': zorgt voor pauze van 1/20e seconde.
- Handshaking
  De foutcontrole tijdens het verzenden van pakketten data kan ook worden ingegeven.
  Maximus-CBCS geeft de keuze uit drie mogelijkheden: XON, CTS en DSR.

**Matrix and EchoMail Section**

In de Matrix and EchoMail Section staan de instellingen voor het postverkeer in en rond Maximus-CBCS.

- Fido
  Voor gebruikers van het wereldwijd vertakte FIDO-net biedt Maximus-CBCS mogelijkheden voor het uitwisselen van postpakketten.

- Matrix-adressen
  Als lid van de Fido-netten kan de sysop diverse matrixadressen ingeven, tot een maximum van zestien stuks. Het eerste adres is dat van het eigen BBS en dit wordt gebruikt om alle uitgaande post van een afzender te voorzien.
- Point
  Maximus-CBCS kan ook worden gebruikt als zogeheten point-systeem, dat op vastgestelde tijden postpakketten met één systeem uitwisselt.
  De gebruikte adressen moeten wel aan bepaalde voorwaarden voldoen.
  Het eerste adres in MAX.CTL is altijd het eigen BBS-adres. De daaropvolgende adressen worden niet voor uitgaande post gebruikt.
  Voorbeeld van het gebruik van een adres in een pointsysteem:
  Adres 1:250/814.6;
  - het eerste cijfer (1) betreft de tijdzone, 1 = Amerika, 2 = Europa en Afrika, 3 = Azië, Australië en Oceanië;
  - het tweede getal (250) is het netnummer;
  - het derde getal (814) is het nodenummer;
  - de 6 is het nummer van de point binnen die node.

  Vergeet in zo'n adres niet het pointnummer te plaatsen, want anders werkt het systeem niet correct.
- Log EchoMail
  In een speciaal bestand vangt Maximus-CBCS alle boodschappen op, die gebruikers bestemmen voor EchoMail. Een speciaal daarvoor ontworpen programma zoekt dit bestand op en zorgt vervolgens voor het doorzenden van de post naar het opgegeven bulletinboard.
  De naam van het Maximus-bestand luidt "EchoToss.Log".

**Interne informatie**
Voor de gemiddelde gebruiker is het weinig zinvol om allerlei overbodige informatie op het beeldscherm te presenteren. Maximus-CBCS biedt de mogelijkheid om bij EchoMail-boodschappen de betreffende informatie te tonen of weg te laten. Daarbij kan de sysop ook nog kiezen of hij of zij de betreffende informatie wel of niet op het scherm wil.
Zodra de procenttekens in de MAX.CTL-file worden verwijderd, worden de statusregels actief:
**% Message Show Ctl_A to Hidden**
**% Message Show Seenby to Sysop**

# Het aanpassen van Maximus-CBCS

**Editmenu**
Gebruikers hebben verschillende mogelijkheden om berichten aan te maken en vervolgens zodanig te manipuleren, dat ze worden vernietigd, verzonden, bewaard, geactualiseerd of wat dan ook.
De sysop bepaalt of de gebruiker de verschillende rechten krijgt toebedeeld.

```
Message Edit Ask Private              Hidden
Message Edit Ask Crash                Hidden
Message Edit Ask FileAttach           Sysop
Message Edit Ask KillSent             Hidden
Message Edit Ask Hold                 Hidden
Message Edit Ask FileRequest          Hidden
Message Edit Ask UpdateRequest        Hidden

Message Edit Assume Private           Hidden
Message Edit Assume Crash             Sysop
Message Edit Assume FileAttach        Hidden
Message Edit Assume KillSent          Hidden
Message Edit Assume Hold              Hidden
Message Edit Assume FileRequest       Hidden
Message Edit Assume UpdateRequest     Hidden
```

**Figuur 3/8.9.6-2:** Mogelijkheden van het Editmenu.

In het overzicht van figuur 3/8.9.6-2 worden de verschillende mogelijkheden aangegeven.
Uit de derde regel bijvoorbeeld blijkt dat uitsluitend en alleen de sysop toestemming mag geven om samen met een boodschap ook een file mee te sturen.

**Session section**
In Session Section heeft de sysop de mogelijkheid allerlei zaken rond het gebruik van Maximus-CBCS te regelen. Belangrijkste daarin is, vanuit het niveau van de sysop bekeken, welke beperkingen de andere niveaus krijgen opgelegd.
In deze sectie komt ook naar voren welke opmerkelijke benamingen de makers van Maximus-CBCS de verschillende gebruikersniveaus hebben toegedicht. Gebruikers kunnen bijvoorbeeld beperkt worden tijdens het inbellen:
**Min Logon Baud 1200**
**Min NonTTY Baud 1200**
De eerste commando-regel laat Maximus-CBCS weten wat de laagste snelheid van de modem mag zijn wil een gebruiker op het bulletinboard kunnen inloggen. De tweede regel doet hetzelfde, maar geldt voor gebruikers die graag ANSI- of Avatar-graphics willen gebruiken.
Het ondubbelzinnige advies luidt om bellers die dat willen, zeker niet op een snelheid van 300 Baud contact met Maximus-CBCS te laten leggen.

**No Hogging**
De mogelijkheid bestaat om twee bulletinboard systemen van Maximus-CBCS op dezelfde computer te laten draaien. Gebruikers mogen evenwel niet in allebei bulletinboards tegelijk rondneuzen. Bellen zij wel naar de tweede Maximus-CBCS, dan wordt eerst gecontroleerd of ze al in de eerste zijn en, zo ja, dan krijgen ze onherroepelijk de mededeling dat dit niet mag en wordt de verbinding verbroken.

**Logon Level Twit**
Het Logon Level vertelt Maximus-CBCS welke rechten de gebruikers krijgen die voor het eerst inloggen. In het voorbeeld is dat Twit, dat voor sufferd staat.

**Niveaus**
Maximus-CBCS kent verschillende niveaus, variërend van Twit, die nagenoeg geen rechten heeft, tot de almachtige Sysop.
Benamingen als Clerk (kantoorklerk of secretaris), Worthy (ironisch: verdienstelijk of braaf persoon) en Disgrace (schandvlek) geven ongeveer aan hoe de schrijver over de dragers van zijn programma denkt.
Ook kan een gesloten bulletinboard worden gedraaid. Daarvoor moet het logon-niveau worden aangepast. De melding Preregistered achter Logon Level geeft dat aan.

**Login Time**
Maximus-CBCS houdt de tijd bij, die een gebruiker op het bulletinboard doorbrengt. Daarvoor kan de sysop een maximum ingeven.
Standaard staat Maximus-CBCS op 10 minuten, maar dat kan afhankelijk van de rechten van de gebruiker op bijvoorbeeld de hele dag (24 x 60 minuten) worden ingesteld.

**Uses BadLogon**
Over Maximus-CBCS is nagedacht. Dat blijkt op tal van fronten en ook bij de inlog-sessie.
Als iemand probeert op een verkeerde naam binnen te komen en tot vijf maal toe het verkeerde wachtwoord ingeeft, regis-

treert Maximus-CBCS dat feilloos. Uiteraard weet het programma niet of inderdaad iemand anders dan wel de rechtmatige eigenaar van de naam heeft gebeld, maar de rechtmatige eigenaar krijgt bij de eerstvolgende keer dat hij inlogt wel de mededeling dat iemand een mislukte poging heeft ondernomen om op deze naam binnen te komen. *"Someone has been trying to hack your account, better go change your password quick!"*, meldt Maximus-CBCS, een regeltje dat in het bestand BadLogon staat.

**Opmerking**
De hier gebruikte tekst in het tekstbestand BadLogon kan in het Nederlands worden vertaald.
Met nagenoeg alle mededeling is dat het geval, trouwens, net als met de gehele presentatie van Maximus-CBCS naar de gebruiker toe.

**Ask Phone**
Nieuwe gebruikers worden om hun telefoonnummer gevraagd als deze regel wordt geactiveerd.

**Alias System**
Gebruikers die bij hun eerste login-sessie een nep-naam invullen worden gevraagd hun echte naam te gebruiken als de regel Alias System wordt geactiveerd.

**Ask Real Name**
Als de regels Alias System actief en Ask Real Name actief zijn kan de gebruiker om zijn echte naam worden gevraagd.

**Menu Path**
Met een apart commando kan worden aangegeven waar Maximus-CBCS de menu's kan vinden. Als achter Menu Path niets wordt ingevuld, zoekt Maximus-CBCS in de root-directory, de directory waar MAX.EXE staat.

**First Menu Main**
Na het welkomst-scherm kan Maximus-CBCS een aantal menu's op het scherm van de gebruiker plaatsen, waarin allerlei wetenswaardige toepassingen staan. Het hoofdmenu is het meest gebruikelijk om mee te starten, vandaar dat achter deze commando-regel Main (= hoofd) staat.

**Algemene bestanden**
Maximus-CBCS gebruikt in het hele bulletinboard-systeem allerlei informatie uit bestanden, die aan de gebruiker worden gepresenteerd.
Ze staan in een apart opslaggebied en hebben allemaal de extensie *.MEC als het de eigenhandig aangemaakt ASCII-file zijn en *.BBS als de compiler SILT.EXE ze geschikt heeft gemaakt voor Maximus-CBCS. Met het commando Uses krijgt de SILT-compiler te weten dat het eerst moet checken of het betreffende bestand bestaat voordat het gaat compileren. Anders wordt het compileren met een foutmelding afgebroken.

**Uses Logo**
Een mededeling die aan de gebruiker wordt voorgeschoteld, waarin allerlei wetenswaardigheden over het bulletinboard staan.
Door de sysop zelf in te vullen, aan te passen en uit te breiden, zoals bij alle bestanden met de extensie *.MEC ofwel *.BBS het geval is.

**Uses Notfound**
Het bestandje Notfound geeft aan dat bepaalde informatie van een nieuwe gebruiker nog niet aanwezig is. Daarna komt de vraag "First Last [Y,n]?".

**Uses Application**
Dit bestand vertelt gebruikers in een open bulletinboard systeem, wat van hen als gebruiker wordt verwacht, aan welke regels zij zich moeten houden en dergelijke. Als het een privé-bulletinboard is, dan krijgen mensen die voor het eerst bellen de mededeling waarom Maximus-CBCS zo meteen de hoorn op de haak gooit.

**Uses Rookie**
Het bestand Rookie (= nieuweling) is bedoeld voor gebruikers die voor de tweede tot en met de zevende keer inloggen. Zo van: "Hé, hallo daar. Leuk dat je weer inlogt op ons bulletinboard. We hopen dat je het weer leuk vindt en wat ons betreft: tot spoedig weerziens".

**Uses Welcome**
Deze welkomstboodschap krijgt elke gebruiker voorgeschoteld als hij of zij meer dan zeven keer inlogt. Allerlei aardige of te gekke boodschappen kunnen hier worden ingevoerd, reclameboodschappen voor het eigen bulletinboard of wat dan ook. Het bestand wordt gepresenteerd tussen de login-prompt en het hoofdmenu. De lengte van dit bestand kan schier onbeperkt zijn, omdat de bestanden die zijn aangemaakt met MECCA.EXE (de compiler voor bestanden met de extensie *.BBS) met een eenvoudig commando aan elkaar kunnen worden gekoppeld.

**Uses NewUser1**
In dit bestand kan de sysop tips geven over het te gebruiken wachtwoord en allerlei andere nuttige onderwerpen voor nieuwkomers op het bulletinboard.

**Uses NewUser2**
Ook kan desgewenst een tweede scherm met mededelingen aan nieuwe gebruikers worden getoond. Daarin kan bijvoorbeeld worden verteld dat de nieuwkomers worden geacht zinnige boodschappen voor anderen achter te laten, dat eventueel zinnige antwoorden worden verwacht en wat dies meer zij.
Ook kan worden aangegeven dat de sysop het ten zeerste op prijs stelt dat er weer een nieuwe gebruiker aan de schier eindeloze rij van communicatie-hongerigen is toegevoegd, maar dat van deze nieuwkomer wel wordt verwacht dat hij of zij zich niet als een file-spons gedraagt. Het is handig om direct uit te leggen dat een file-spons iemand is die grote hoeveelheden bestanden naar zijn eigen computer downloadt zonder zelf ook maar één byte naar het bulletinboard te uploaden. Een zeer gebruikelijk fenomeen in bulletinboard-land overigens, maar het melden waard!

**Uses Quote**
Zeer gebruikelijk op veel bulletinboards is bij binnenkomst of uitloggen een citaat van een wijze man of vrouw. Een lange, zelf uit te breiden lijst met citaten geeft de mogelijkheid daartoe. Maximus-CBCS kiest steeds weer een nieuwe, net zo lang tot alle uitspraken of wijsheden een keer zijn gebruikt. Dan begint Maximus-CBCS weer opnieuw.

**DayLimit**
Behalve bijvoorbeeld een uur per sessie kan aan Maximus-CBCS ook worden opgegeven dat een bepaalde gebruiker niet meer dan zoveel tijd per dag op het bulletinboard mag vertoeven. De limiet is variabel.

**Uses TimeWarn**
Hiermee wordt de gebruiker gewaarschuwd dat de tijd voor die dag er bijna op

zit. Dat is zo als hij of zij eerder die dag ook inlogde.

**Uses TooSLow**
Hiermee meldt het programma dat de gebruiker op een te lage snelheid in het bulletinboard probeert te komen.

**Uses Cant_Enter_Area**
Maximus-CBCS kan heel eenvoudig zeggen "That area doesn't exist!" als een bepaald boodschappengebied niet bestaat of niet voor de gebruiker toegankelijk is. Ook kan in bovenstaand bestand een uitgebreide mededeling daarover worden opgenomen.

**Highest FileArea 16**
Deze optie vertelt Maximus-CBCS wat het hoogste bestandengebied is. Met het zogeheten Locate-commando speurt Maximus-CBCS het aantal gebieden af, dat in deze optie staat aangegeven. Als bijvoorbeeld het cijfer 4 in plaats van 16 staat vermeld, dan wordt met Locate niet in de resterende twaalf bestandengebieden naar het opgegeven bestand gespeurd.
Hetzelfde gebeurt als de gebruiker in de bestandengebieden zit en met de commando's "A>" of "A<" naar een hoger of lager gebied wil. Ook de door Maximus-CBCS gegenereerde lijst van bestandengebieden wordt met deze optie ingeperkt.

**No FilesBbs Download Privil**
Over de beveiliging van Maximus-CBCS is ook behoorlijk nagedacht.
Het bulletinboard kent bestanden met de extensie *.BBS, waar informatie in staat die de gebruiker krijgt voorgeschoteld. Het is uiteraard niet de bedoeling dat dergelijke bestanden worden overschreven door een file met dezelfde extensie. Vandaar dat de sysop kan aangeven wie de bevoegdheid heeft om wél dergelijke bestanden opnieuw te downloaden. In het voorbeeld is degene met het toegangsniveau Privil daartoe gerechtigd.

**Upload .BBS Priv Sysop**
Hetzelfde verhaal geldt voor het uploaden van bestanden met de extensie *.BBS. In dit voorbeeld mag alleen de sysop nieuwe *.BBS-bestanden uploaden.

**Upload Reward 1000%**
Als een sysop aardig voor de gebruikers van zijn bulletinboard wil zijn, kan hij beloningen geven voor het feit dat zij bestanden uploaden. In het voorbeeld krijgen de opbellers maar liefst negen keer de tijd terug, die zij kwijt zijn aan het uploaden van een bestand naar het bulletinboard. Dus als het verzenden van een bestand 6 minuten kost, dan krijgt de afzender daarvoor een uur extra toegangstijd tot het bulletinboard in ruil.
Desgewenst kan de Upload Reward ook op 0 % worden gezet.

**Upload Space Free 200**
Als de harde schijf waarop Maximus-CBCS draait nog minder dan 200 kB vrij heeft, zoals in het voorbeeld, is het uploaden van nieuwe bestanden niet mogelijk.

**Uses NoSpaceMisc\NoSpace**
Als Maximus-CBCS constateert dat er onvoldoende ruimte op de schijf is voor het wegschrijven van nieuwe bestanden, laat het de gebruiker een boodschap zien. De boodschap staat in het bestand NOSPACE.BBS, dat weer te vinden is in de subdirectory \MISC.

**Upload Log**
In een apart bestand houdt Maximus-CBCS gegevens bij over het uploaden. Het

is een ASCII-bestand, waarin allerlei informatie staat.
Zoals wie de afzender is, de naam van de file, de omvang, alsmede tijd en datum waarop de file is ontvangen.

**Uses LocateHelp Hlp\Locate**
In een *.BBS-bestand kan een helptekst worden geplaatst voor het Locate-commando. Maximus-CBCS vindt de informatie in het bestand dat achter deze optie staat aangegeven. "HLP" is een subdirectory van de directory waarin Maximus-CBCS draait; in de regel is dat \MAX. "Locate" is de naam van het bewuste bestand en dit heeft de extensie *.BBS.

**Uses ContentsHelp Hlp\Contents**
In dit bestand, ook weer een *.BBB-bestand, staat de helpinformatie die beschikbaar is als de gebruiker daarom vraagt bij het commando C(ontent).

**Uses XferBaud Misc\Xferbaud**
Als Maximus-CBCS constateert dat de gebruiker op een te lage snelheid inlogt, dan laat het een boodschap zien waarin dat wordt gemeld.
De boodschap staat in het bestand XFERBAUD.BBS, dat weer te vinden is in de subdirectory \MISC.

**Uses FileAreas Misc\Filearea**
Maximus-CBCS heeft de mogelijkheid om zelf een overzicht van alle beschikbare bestandengebieden te genereren. Dat gebeurt zodra de gebruiker daarom vraagt als hij het menu de keuzemogelijkheid A(rea) intikt en vervolgens een ?.
Die stap werkt evenwel veel langzamer dan het oproepen van het bestand FileArea in de subdirectory \MISC, waarin het overzicht van alle bestandengebieden al staat.
In dat geval hoeft Maximus-CBCS alleen de inhoud van deze file op het scherm te tonen, hetgeen weer wat tijd en dus telefoonkosten bespaart.

**Uses Filename_Format Misc\Fformat**
Nieuwkomers in het land van bulletinboard systemen en sowieso in computerland kunnen soms moeite hebben met de regels van bijvoorbeeld MS-DOS. Een bestand in MS-DOS mag niet meer dan acht karakters hebben met een extensie van hooguit drie karakters, zoals bijvoorbeeld in: "MAXIMAAL.123". Mocht de opbeller per ongeluk iets verkeerd doen tijdens het uploaden van een bestand, dan laat Maximus-CBCS het bestand Fformat.BBS zien. Daarin kan de sysop een klein essay opnemen over de regels waaraan de gebruiker zich moet houden.

**Datum van uploaden**
In de file FILES.BBS, waarin alle namen komen van de bestanden die zijn ge-upload, kan men desgewenst de datum en tijd van het uploaden toevoegen.
In de opties van figuur 3/8.9.6-3 is alleen de eerste regel actief, omdat daar het procentteken ervoor is verwijderd. Hetzelfde rijtje in de control-file zou de overige opties uitschakelen.
De vorm van de datum is variabel, afhankelijk van de keuze uit het rijtje. Desgewenst kan helemaal geen datum worden opgenomen.

```
      File Date          Automatic
%     File Date          None
%     File Date          yymmdd
%     File Date          mm/dd/yy
%     File Date          mm-dd-yy
%     File Date          dd mmm yy
```

**Figuur 3/8.9.6-3:** Het toevoegen van een datum aan de ge-uploade files.

```
%    External Protocol    \Max\Ascii.Exe    Ascii
%    External Protocol    \Max\Kermit.Exe   Kermit
%    External Protocol    \Max\Jmodem.Exe   Jmodem - Fast!
```

**Figuur 3/8.9.6-4:** Het gebruiken van externe communicatie protocollen.

**Extern protocol**
Maximus-CBCS biedt de mogelijkheid om een extern communicatie protocol te gebruiken. Wel moet het protocol met Maximus of zijn oudere broertje Opus compatible zijn.
In elk geval moet aangegeven zijn, in welke directory Maximus-CBCS het protocol kan vinden. Een optie is om ook de naam van het protocol aan de gebruiker te presenteren. De vorm waarin dat gebeurt, staat aangegeven achter de padnaam met de bestandsnaam, zie figuur 3/8.9.6-4

**Highest MsgArea 80**
Net als de optie Highest FileArea kan ook hier een cijfer worden ingegeven. In dit geval correspondeert dat met het hoogste boodschappengebied dat de gebruiker kan afspeuren naar voor hem of haar bestemde boodschappen.

**Area Data Area.Dat Area Index Area.Idx**
Nevenstaande opties geven aan in welke bestanden de informatie staat over de plaats van de files, waarin in gegevens staan over de boodschappen- en bestandengebieden. De SILT-compiler maakt deze beide bestanden aan.

**Uses MsgAreas Misc\Msgarea**
Net als bij de optie FileAreas gebruikt Maximus-CBCS ook een bestand, waarin alle boodschappengebieden zijn opgeslagen.
Daardoor hoeft Maximus-CBCS de maximaal 80 gebieden niet eerst zelf op een rijtje te zetten en aan de gebruiker te presenteren. Een besparing op kostbare telefoontijd.

**Uses NoMail Misc\NoMail**
De tekst in nevenstaand bestand krijgt de gebruiker te lezen, zodra Maximus-CBCS ontdekt dat er geen post is voor de gebruiker.

**Uses ScanHelp Hlp\Scan**
Zodra bij het S(can)-commando met behulp van het vraagteken (?) om hulp wordt gevraagd, presenteert Maximus-CBCS de inhoud van de file SCAN.BBS in de HLP-directory.

**Uses ListHelp Hlp\List**
Zodra bij het L(ist)-commando met behulp van het vraagteken (?) om hulp wordt gevraagd, presenteert Maximus-CBCS de inhoud van de file LIST.BBS in de HLP-directory.

**Uses InquireHelp Hlp\Inquire**
Hetzelfde gebeurt bij het commando I(nquire), waarmee bestanden op inhoud kunnen worden bekeken. Zodra daar met behulp van het vraagteken (?) om hulp wordt gevraagd, presenteert Maximus-CBCS de inhoud van de file INQUIRE.BBS in de HLP-directory.

**Uses MaxEdHelp Hlp\FSED**
Maximus-CBCS heeft een fullscreen-tekstverwerker, waarmee boodschappen aangemaakt kunnen worden. De com-

mando's en dergelijke staan uitgebreid beschreven in het helpbestand FSED.BBS.

**Uses BOREDhelp Hlp\1stEdit**
Nieuwkomers krijgen "eerste hulp bij ongelukken" als zij niet uit de commando's van de BORED-tekstverwerker kunnen komen.

**UserList Minimum Twit UserList Maximum Sysop**
Maximus-CBCS maakt automatisch een lijst met gebruikers aan, die door iedereen bekeken kan worden. Tenminste, als hij of zij het toegangsniveau heeft dat bij deze opties wordt aangegeven.
In het voorbeeld mag iedereen vanaf het niveau Twit tot en met Sysop de gebruikerslijst bekijken.

**Edit Disable Userlist**
Als de optie Edit Disable Userlist is ingeschakeld, dan kan de opbeller bij het aanmaken van een boodschap niet de lijst met gebruikers inzien.
De mogelijkheid is aanwezig op het moment dat de gebruiker de vraag krijgt voorgeschoteld aan wie hij de boodschap wil verzenden. Wil dat kunnen, dan moet de sysop voor deze optie de ";" plaatsen. In het voorbeeld hierboven is dit leesteken weggelaten.

**Edit Disable MaxEd**
Als de sysop niet wil dat de opbellers gebruik maken van de interne tekstverwerker, dan kan deze optie worden ingeschakeld.

**Weggooien berichten**
Een schone harde schijf is een kostbaar bezit. Een beetje computergebruiker woekert voortdurend met de ruimte. Vandaar dat Maximus-CBCS de mogelijkheid heeft ingebouwd om automatisch alle berichten weg te gooien. Vanaf een bepaald niveau (in het onderstaande voorbeeld "Private") kan Maximus-CBCS dat ook bij elke sessie vragen, of juist helemaal niet.
- **Voorbeeld:**
  **% Kill Private Never**
  **% Kill Private Always**
  **Kill Private Ask**

**No RealName Kludge**
Grappenmakers onder de bezoekers van een bulletinboard willen nog wel eens een valse of geen naam opgeven als zij een boodschap in een bepaald gebied achterlaten.
Maximus-CBCS biedt de mogelijkheid om aan elk bericht een regeltje te koppelen, waarin de echte afzender van de boodschap staat.

**Uses Leaving Misc\Leaving**
Gebruikers die tijdelijk het bulletinboard verlaten om bijvoorbeeld een spelletje te doen, krijgen de boodschap voorgeschoteld die in het bestand LEAVING.BBS in de sub-directory \MISC staat.

**Uses Returning Misc\Return**
Zodra zij weer terugkomen in Maximus-CBCS krijgen zij de melding, die in het bestand RETURN.BBS in hetzelfde opslaggebied staat.

**Uses ByeBye Misc\Byebye**
Bij het afscheid van het bulletinboard krijgt de gebruiker de inhoud van MISC\BYEBYE voorgeschoteld.

**Sysop oproepen**
Bijzonder fraai is de mogelijkheid om gebruikers te laten weten wanneer zij de sysop kunnen oproepen.

In een bulletinboard kan dat desgewenst gedurende 24 uur van elke dag van de week, maar weinig sysops zullen daar echt zin in hebben.

**Tijd en datum**
In het overzicht van figuur 3/8.9.6-5 zijn de mogelijkheden uitgewerkt waarop de plaatselijke tijd en datum voor boodschappen moeten worden gepresenteerd.

```
%       %A - Either `am' or `pm', as
             appropriate.
%       %B - The month, as a decimal.
%       %C - The month, in abbreviated form
%       %D - The day-of-month, as a decimal
%       %E - The hour, in the range of 1 to 12
%       %H - The hour, in the range of 0 to 23
%       %M - The minute
%       %S - The second
%       %Y - The year, without the century

Format Date        %D-%C-%Y
Format Time        %H:%M:%A

% Canadese datum formaat
% Format Date      %D-%B-%Y

% Japanese datum formaat
% Format Date      %Y-%B-%D

% Tijd, 24-uurs-klok, inclusief tijdzone
% Format Time      %H:%M est
```

**Figuur 3/8.9.6-5:** Het presenteren van de tijd en de datum van boodschappen.

**Uses Barricade Misc\Barricad**
Als een gebruiker probeert een gebied in te komen, terwijl hij daar het recht niet toe heeft, krijgt hij de boodschap te lezen, die in het bestand MISC\BARRICAD.BBS staat.

**Save Directories CFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ**
Met het activeren van de commando-regel Save Directories bewaart Maximus-CBCS de directory, waarin het programma zich op dat moment bevindt, in alle aangegeven en dus te benaderen drives. In het voorbeeld zijn dat de directory's C en F tot en met Z. Mocht een extern programma namelijk van directory dan wel drive veranderen dan weet Maximus-CBCS toch de weg terug te vinden door in de nieuwe directory het bestandje op te zoeken waarin de gegevens staan die hem vertellen welke de oorspronkelijke directory/drive was.
Tenzij in de drives A en B een floppy zit is het niet verstandig om die beide ook te benoemen.
Elke keer als een extern programma wordt gedraaid, speurt Maximus-CBCS de opgegeven drives af.

**Chat External Chat.Exe Scott Dudley /P:1**
Maximus-CBCS biedt de mogelijkheid om een extern Chat-programma te draaien. Dat kan met behulp van deze commandoregel worden geactiveerd. Wel moeten de eventuele parameters direct worden opgegeven. Het programma wordt geactiveerd als in het menu de C(hat) wordt gekozen.

**Uses BeginChat Misc\ChatBegn**
Een *.BBS-bestand met daarin een aansprekende tekst kan worden getoond bij de start van een online-kletspraatje op de computer.
De file heet CHATBEGN en staat in \MISC.

**Uses EndChat Misc\ChatEnd**
Als gebruiker en sysop voldoende vingergymnastiek hebben gedaan en hun praatje beëindigen, dan krijgen zij de tekst uit het bestand CHATEND voorgeschoteld.

**Ratio Threshold 0**
De Ratio Treshold geeft aan welke hoeveelheid kB aan up te loaden files de sysop van de bellers wil hebben, voordat hij toestaat evenzovele kB te downloaden.

**Tijden voor de sysop**
In het overzicht van figuur 3/8.9.6-6 worden de regels vermeld waarmee de sysop zijn eigen toegangstijden kan instellen.

```
1  Define Sysop Time            1440
2  Define Sysop Cume            1440
3  Define Sysop Logon Baud      300
4  Define Sysop File Baud       300
5  Define Sysop File Limit      10000
6  Define Sysop File Ratio      2
```

**Figuur 3/8.9.6-6:** Instellen van de sysop time.

- De eerste regel geeft aan hoeveel minuten de sysop per dag op zijn bulletinboard mag rondneuzen. In dit voorbeeld 1440 minuten = 24 uren = de hele dag.
- De Cume-limiet geeft aan hoeveel minuten de sysop per dag tijdens één sessie in zijn bulletinboard mag verblijven.
- De minimale snelheid waarmee de sysop op zijn bulletinboard mag inloggen.
- De minimale snelheid waarmee de sysop moet zijn ingelogd voordat hij of zij een bestand mag down- of uploaden.
- De sysop mag per dag 10.000 kilobytes downloaden!
- Het getal staat voor de verhouding waarin kilobytes geupload moeten worden voordat er van het bulletinboard ge-download mag worden.
  In het voorbeeld: <getal>:1, de sysop moet 2 kB aan bestanden uploaden voordat hij zelf 1 kB mag downloaden. Handig is het om dit getal voor de sysop op 0 te zetten.

**Tijden voor de overige gebruikers**
Op dezelfde manier kan men deze tijden instellen voor een heleboel andere gebruikers-categorieën.

- De assistent-sysop, "AsstSysop" genoemd.
- De secretaris van het bulletinboard, "Cleck" genoemd.
- Een ondergeschikte in het systeem, "Extra" genoemd.
- Een "Favored", een lid van de club met voorrechten.
- Een geprivilegeerd gebruiker, "Privil" genoemd.
- Een "Worthy", een gebruiker met gereduceerde privileges.
- Een normale gebruiker, "Normal" genoemd.
- Een gebruiker met beperkte toegangsrechten, "Limited" genoemd.
- Gebruikers met een schandvlek of smet in hun blazoen, "Disgrace" genoemd.
- Iedereen die nog niet ergens bijhoort wordt zonder medelijden in de hoek met dwazen ("Twits") gedumpt.
  Zij krijgen de meeste beperkingen opgelegd. Het is verstandig om in een boodschap aan de Sysop te vragen om in een hogere categorie te worden ingedeeld. Alles is beter dan hier samen met andere sufferds te moeten vertoeven.

**Controlebestanden compileren**
Aan het eind van de belangrijkste controlfile MAX.CTL kunnen twee commandoregels worden opgenomen, die aangeven dat tegelijk met MAX.CTL ook de aangegeven controlebestanden gecompileerd moeten worden. Dat gebeurt met SILT.EXE. Weliswaar is het ook mogelijk om de informatie uit betrokken bestanden in MAX.CTL op te nemen, maar het is gemakkelijker om ze apart te houden en te bewerken.
Deze regels zijn:
**Include Menus.Ctl**
**Include Areas.Ctl**

# De menu's van Maximus-CBCS

**MENUS.CTL**
Het bestand MENUS.CTL beheert alle aspecten ten aanzien van de menu's die in Maximus-CBCS worden gebruikt. Zij zijn op alle fronten aan te passen aan de eigen wensen. Ook de vorm waarin deze menu's bij de bellers op het scherm verschijnen is instelbaar.
De sysop is vrij om alle menu's behalve het hoofdmenu ("MAIN") en het tekstverwerker-menu ("EDIT") een andere naam te geven. Voor het overige kunnen allerlei menu's aan elkaar worden gekoppeld. Wel zijn er wat beperkingen, maar die zijn overkomelijk.
In elk menu kunnen bijvoorbeeld maximaal 127 verschillende opties worden geplaatst.

**Definiëren van de menu's**
Elke definitie in deze control-file begint met het woord menu en vervolgens de kwalifikatie van het menu waar het om gaat, bijvoorbeeld "Menu Main" ofwel het hoofdmenu. Dus als volgt:
**Menu MAIN**
De opbouw van alle menu's is in principe hetzelfde. In MENUS.CTL wordt gestart met de regel, waarin de naam van het menu staat. In het volgende voorbeeld is dat de titel van het hoofdmenu:
**Title MAIN**

**MenuHeader**
Elk menu kan een eigen titel op de prompt krijgen. Dat moet wel worden aangegeven. Deze mogelijkheid bestaat voor menu's voor de boodschappengebieden, voor de bestandengebieden en het menu waarin de actuele instellingen van de gebruiker gewijzigd kunnen worden.

**MenuFile Misc\MenuMain**
Maximus-CBCS biedt ook de mogelijkheid om alvast geprepareerde *.BBS-bestanden als menu te gebruiken. Standaard gebruikt Maximus-CBCS evenwel de eigen menu's en niet de externe.

**MenuLength 15**
De lengte van de menu's moet opgegeven worden om Maximus-CBCS te laten weten hoeveel regels op het scherm met de menu's worden gevuld. Als dat niet of verkeerd wordt opgegeven bestaat de kans dat eventuele boodschappen van het scherm scrollen, omdat de menu's bijvoorbeeld te lang zijn.

**MenuColour 15**
In de *.BBS-menubestanden kunnen kleuren worden aangegeven. In de MENUS.CTL wordt daarvoor deze regel opgenomen.

**Menu-commando's**
De volgende sectie in het menu definieert de te gebruiken commando's. De naam van het uit te voeren commando staat in de linker kolom.
Dat vertelt Maximus-CBCS wat te doen als de betreffende letter door de beller wordt ingetoetst.
Na het commando staat de inhoud, hetgeen overigens een optie is, want niet alle commando's hebben een omschrijving nodig.
Als een dergelijke omschrijving uit meerdere woorden bestaat en dus spaties gebruikt, dan moeten die spaties worden vervangen door de zogeheten underscore ofwel de "_". Maximus-CBCS vertaalt de underscore weer in een spatie.

**8.9 Software voor de ontwerper**

```
Menu MAIN
Title              MAIN
MenuFile           Misc\MenuMain
MenuLength 15
MenuColour 15

Name of cmd        Optional arguments          Priv.       Command as it
to execute         for cmd, if any             Level       appears to user
-------------      ---------------------       ---------   -------------------
Display_Menu       Message                     Disgrace    "Message Areas"
Display_Menu       File                        Disgrace    "File Areas"
Display_Menu       Change                      Disgrace    "Change Setup"
Goodbye                                        Twit        "Goodbye (log off)"
Statistics                                     Disgrace    "Statistics"
Yell                                           Disgrace    "Yell for SysOp"
Userlist                                       Disgrace    "UserList"
Version                                        Disgrace    "Version of BBS"
Display_File       Misc\Bulletin               Disgrace    "Bulletin Menu"
Who_Is_On                                      Disgrace    "Who is On"
Xtern_Run          Command.Com_>com1_<com1     Sysop       "!Remote DOS Shell"
Xtern_Run          C:\Opus\Bonk_/XN            Sysop       "Nodelist editor"
Xtern_Dos          D:\Path\Batchfil.Bat        Twit        "Run XYZ program"
Xtern_Erlvl        45                          Disgrace    "On-line Games"
User_Editor                                    Sysop       "@User Editor"
Display_File       Hlp\Main                    Disgrace    "?help"
End Menu
```

**Figuur 3/8.9.6-7:** Een voorbeeld van de opbouw van het hoofdmenu in MENUS.CTL.

In de volgende kolom staat het niveau waarop een gebruiker gerechtigd is van dat commando gebruik te maken. Dat betekent bijvoorbeeld dat de sysop van alle commando's gebruik kan maken, terwijl de "twit" alleen een bepaald bestand mag bekijken. De laatste krijgt de andere menu-opties dan ook niet op het beeldscherm. Ook kunnen zodoende bepaalde gebieden helemaal worden afgesloten voor gebruikers met een bepaald toegangsniveau. Ook kan een bepaalde gebruikersgroep sleutels worden toebedeeld, die weer toegang geven tot bepaalde menu-opties. Bijvoorbeeld als onder "Priv. Level" de optie "Twit 134" staat, dan heeft een gebruiker van het niveau Twit met de sleutels 1, 3 en 4 toegang tot die menu-optie.

In de laatste kolom staat het commando zoals de gebruiker het op zijn of haar beeldscherm krijgt.
De eerste letter van de omschrijving is ook de toets waarmee het commando wordt geactiveerd.
Dat betekent dus dat bij eventuele wijzigingen goed in de gaten gehouden moet worden dat meerdere commando's niet met dezelfde letter beginnen.

**Het hoofdmenu**
De commandoregels van het hoofdmenu komen achter elkaar in MENUS.CTL te staan.
Een voorbeeld is gegeven in figuur 3/8.9.6-7.

# De bestanden- en boodschappen gebieden

**AREAS.CTL**
De control-file AREAS.CTL bevat alle informatie over de bestanden- en boodschappengebieden van het bulletinboard. Ook zijn er gegevens in ondergebracht over de individuele attributen van elk opslaggebied en waar de berichten en bestanden zijn opgeslagen.
Elk gebied heeft een eigen vermelding met daarachter een tweedelig teken, dat uit letters, cijfers of een combinatie ervan bestaat.
Geldige gebiedsnummers zijn AA, YZ, A1, en 99.

**Het opslaggebied 0**
Het opslaggebied 0 is bestemd voor boodschappen, die gebruikers kunnen achterlaten als ze uit het systeem loggen. Als het gebied niet in AREAS.CTL is gedefinieerd, dan is er voor gebruikers bij het uitloggen geen gelegenheid om een boodschap voor de sysop achter te laten.
- **Voorbeeld:**
  **Area 0**
  **Access Sysop**

In het gebied 0 heeft alleen de sysop recht om te kijken.
Andere gebruikers kunnen er wel hun boodschappen achterlaten.

**FileInfo**
Achter het commando FileInfo komt de informatie te staan, die de gebruiker krijgt voorgeschoteld als hij of zij in het betreffende opslaggebied komt.
- **Voorbeeld:**
  **FileInfo Wat doet u eigenlijk in dit gebied? Wegwezen!**

In dit geval het gebied 0, dat alleen toegankelijk is voor de sysop.

**Up- en downloaden**
De bestanden die naar gebied 0 worden ge-upload komen in de directory die achter het commando Upload is gespecificeerd.
De bestanden die naar gebied 0 worden ge-download komen in de directory die achter het commando Download is gespecificeerd.
- **Voorbeeld:**
  **Download File\S_Upload**
  **Upload File\S_Upload**

**Mededelingen**
Achter de MsgInfo commandoregel komt de informatie te staan, die verbonden is aan het betreffende opslaggebied.
- **Voorbeeld:**
  **MsgInfo Boodschappen aan de sysop**

**Local Msg\Private**
De kwalifikatie Local geeft aan dat het betreffende boodschappengebied alleen plaatselijk functioneert en geen boodschappen doorgeeft naar andere computersystemen.
De boodschappen komen in het opslaggebied Msg\Private\ terecht.

**EchoMail**
De kwalifikatie EchoMail geeft aan dat in dit gebied alle post voor de zogeheten EchoMail wordt verzameld. Deze post kan worden uitgewisseld met andere bulletinboard-systemen, maar daar zorgt Maximus-CBCS niet voor. Daarvoor moet een speciaal programma worden gedraaid.

**Matrix**
Het opslaggebied voor Matrix-boodschappen. Zodra de boodschap in

het gebied wordt gedumpt, vraagt Maximus-CBCS naar welk adres het bericht moet worden verzonden.

**Status**

Aan de verschillende boodschappengebieden kan een bepaalde status worden toegekend.
Slechts één van de volgende voorbeelden kan worden gebruikt.

- Private Only
  In het opslaggebied met het kenmerk Private Only kan privé-post worden opgeslagen.
- Read-Only
  In de directory met het kenmerk Read-Only komt de post, die alleen gelezen mag worden.
  Alleen de sysop en de assistent-sysop kunnen hier boodschappen dumpen.
- Public Only
  In het opslaggebied met de kwalifikatie Public Only kunnen alleen voor iedereen toegankelijke berichten worden ondergebracht.
- Public and Private
  In het opslaggebied met het kenmerk Public and Private komt de post die zowel privé als publiek is. Alle boodschappengebieden hebben in Maximus-CBCS standaard deze status.

**Kenmerken**

In de boodschappengebieden kunnen ook nog verschillende kenmerken worden gebruikt.

- Anonymous OK
  Maximus-CBCS weet met dit commando dat de gebruiker zijn naam moet invullen als hij een boodschap in het betreffende gebied wil bewaren.
- Barricade [filename]
  Met dit commando weet Maximus-CBCS dat een bepaald boodschappengebied is afgesloten voor bepaalde groepen gebruikers.
  Als er een bestandsnaam achter staat, dan is die bepaalde file niet toegankelijk.
  Alleen opbellers die het wachtwoord weten, kunnen in het betreffende gebied komen.
- End Area
  Dit commando geeft aan dat het einde van het boodschappengebied 0 is bereikt.

**Voorbeelden**

In figuur 3/8.9.6-8 zijn drie voorbeelden gegeven van opslaggebieden, die in de control-file AREA.CTL kunnen worden aangemaakt.

```
Area 1
         Access           Disgrace

         FileInfo         IBM: New Files
         Download         File\NewUp\
         Upload           File\S_Upload\

         MsgInfo          Private Messages & Comments to SysOp
         Local            Msg\Private\

         Private Only
End Area

Area 2
         Access           Disgrace

         FileInfo         IBM: General Utilities
         Download         File\Util\
         Upload           File\S_Upload\

         MsgInfo          Public Messages
         Local            Msg\Public\

         Public and Private
End Area

Area 3
         Access           Sysop

         FileInfo         IBM: Maximus-related files
         Download         File\Max\
         Upload           File\S_Upload\

         MsgInfo          FidoNet Echo: Maximus Tips'n'Tricks
         MsgName          MUFFIN
         EchoMail         Msg\Muffin\

         Public Only
End Area
```

**Figuur 3/8.9.6-8:** Drie voorbeelden van opslaggebieden in de control-file AREA-CTL.

8.9 Software voor de ontwerper

# Het starten van Maximus-CBCS

**SILT-compiler**
Als alle commando's in de control-files MAX.CTL, AREA.CTL en MENUS.CTL zijn aangepast, dan kunnen de bestanden worden gecompileerd. Dat gaat heel gemakkelijk. De SILT-compiler doet het werk zodra achter de DOS-prompt de naam van de compiler en de naam van de control-file wordt getikt.
- **Voorbeeld:**
  **SILT MAX**

Omdat aan het eind van de MAX.CTL-file de namen van de twee andere control-files staan (AREAS.CTL en MENUS.CTL) worden deze vervolgens ook automatisch gecompileerd. Dat scheelt weer wat handelingen in MS-DOS.

**Aanmaken directories**
De eerste keer dat SILT.EXE wordt gedraaid zal het programma er waarschijnlijk voor waarschuwen dat een aantal opgegeven directory's niet bestaat. De gebruiker zal ze dan alsnog moeten aanmaken en de control-files opnieuw moeten compileren.

**Eerste keer opstarten**
Het grote moment is aangebroken. Nadat alle zaken in de control-files zorgvuldig op een rijtje zijn gezet, kan Maximus worden gestart. Op dit moment is het bulletinboard weliswaar qua opzet nog vrij kaal, maar het kan uitstekend draaien.
De eerste keer moet Maximus-CBCS met de parameter -c worden gestart. Dan wordt namelijk een nieuw gebruikersbestand aangemaakt. Daarna start Maximus-CBCS zonder parameter. Na wat gesputter van de harde schijf komt eindelijk datgene op het beeldscherm waarop de sysop zo lang heeft moeten wachten: een copyright banner van Maximus en een mededeling over het ontbreken van een gebruikerslijst. Vervolgens vraagt Maximus om de naam van de gebruiker. Nadat deze is ingevuld kan de gebruiker in het bulletinboard systeem stappen. Dan kan het eigenlijke werk beginnen!

# 3/8.9.7

# Torselect, een transistor selectie systeem

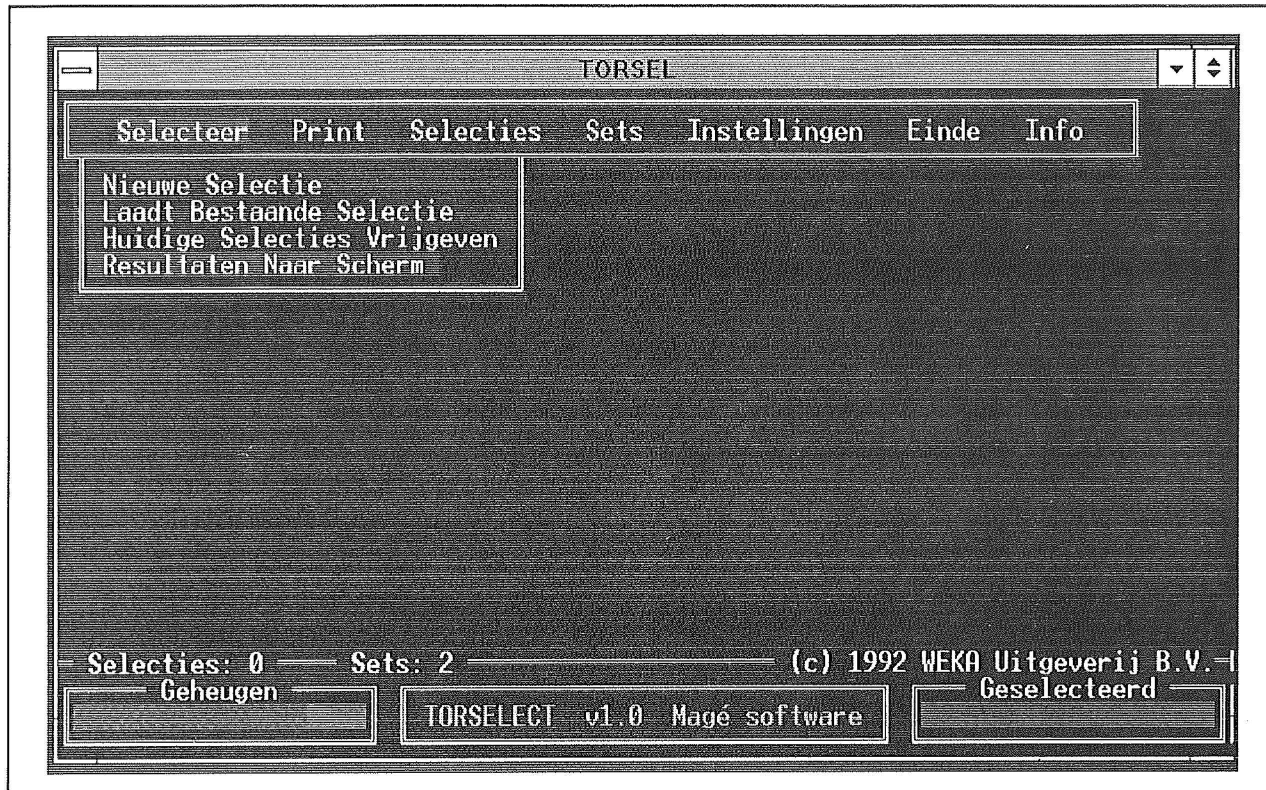
**Inleiding**
Iedere ontwerper van elektronische schakelingen heeft het wel eens meegemaakt. Voor een bepaalde schakeling is een transistor nodig, die aan nogal extreme eisen moet voldoen. Met als gevolg uren bladeren in databoeken, lange telefoontjes met leveranciers en importeurs en dat alles soms zonder enig resultaat.
Voor dergelijke situaties is het programma "Torselect" van het Nederlandse softwarebedrijf Magé als het ware geschapen. In het kort gezegd bevat dit programma een database, waarin de belangrijkste specificaties van ongeveer 12.000 Europese, Japanse en Amerikaanse transistoren zijn samengevat. Aan de hand van maximaal elf zoeksleutels kan men het programma opdracht geven de database te doorzoeken en alle transistoren die aan de zoeksleutels voldoen op het scherm te zetten, naar de printer te sturen of in een tekstfile op te slaan. Het principe van het programma is dus erg eenvoudig, maar dank zij de zeer gebruikersvriendelijke opzet van de software is "Torselect" een uitstekend en praktisch bruikbaar stuk gereedschap voor de al dan niet professionele ontwerper.

**Het pakket en de installatie**
"Torselect" wordt volgens de handleiding geleverd op één 3.5 inch en twee 5.25 inch diskettes. In het geleverde pakket ontbraken echter de grote diskettes. Daarnaast bevat het pakket een Nederlandstalige handleiding van 38 pagina's en een lijstje van alle transistoren die in de database zijn opgenomen. De bedoeling is dat er regelmatig aanvullingen op de database worden uitgebracht, waarop men zich kan abonneren.

De software stelt geen al te hoge eisen aan het systeem:
- een MS-DOS compatibele PC, XT of AT;
- MS-DOS 3.3 of hoger;
- 512 kB vrij geheugen;
- een harde schijf met ongeveer 2,5 MB vrije ruimte;
- een Hercules-, EGA- of VGA-compatibele grafische kaart;
- een 3.5 of 5.25 inch diskettestation voor 720 of 360 kB diskettes.

Het pakket kan eventueel ook geïnstalleerd worden op een oude CGA-monitor, maar dan vervallen enige grafische mogelijkheden van de software, zoals de selectieschermen voor de aansluitingen en behuizingen. Het pakket draait bijvoorbeeld uitstekend op de NEC Monograph, een hoge resolutie monitor met CGA-emulatie, die tegenwoordig tegen dumpprijzen te koop is.
"Torselect" kan zowel met het toetsenbord als met een MicroSoft-compatibele muis bediend worden.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.7-1:** Het werkscherm van "Torselect", gevat in een DOS-venster van Windows 3.1.

Na het intoetsen van INSTALL installeert het pakket zichzelf op de harde schijf, waarbij men kan kiezen tussen de indicatoren C:, D: of E:. De software is gecomprimeerd en pakt zichzelf uit in de nieuwe directory TORSEL tot 109 files van in totaal 2,353 MB.

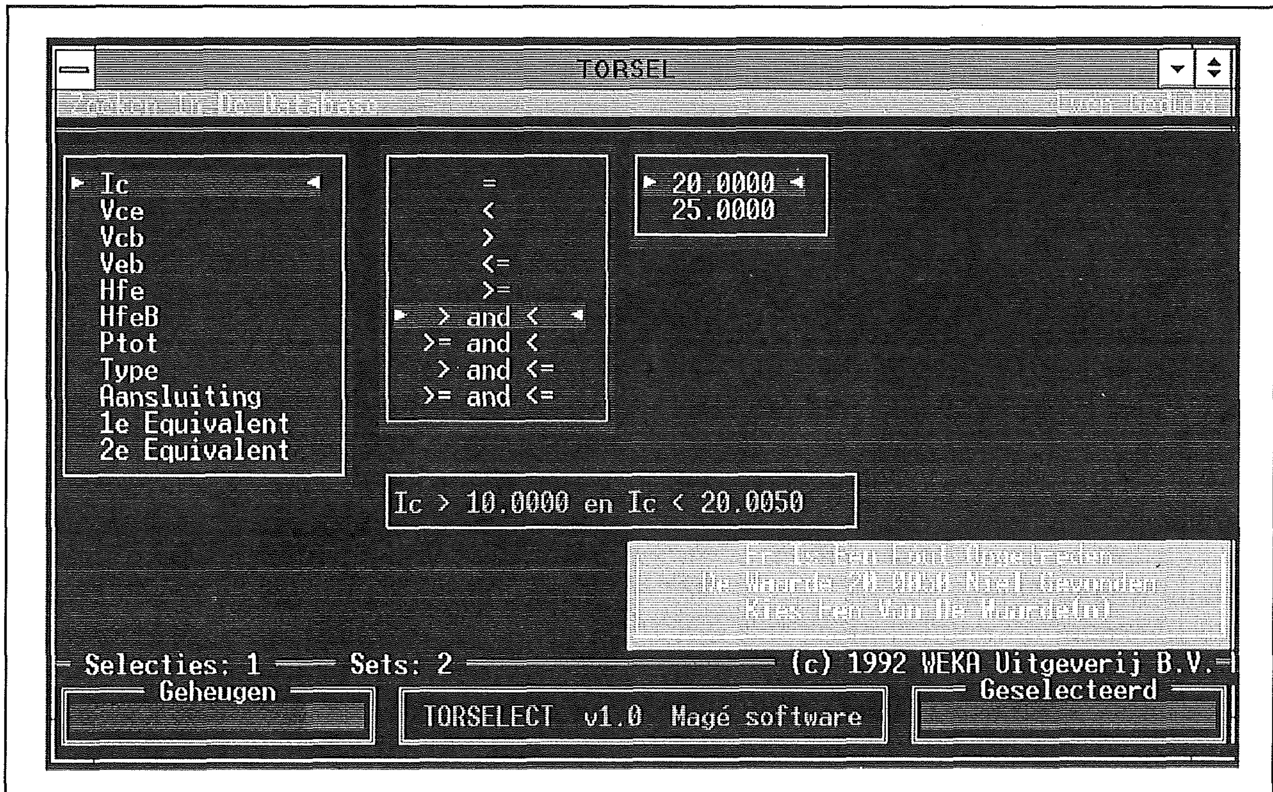
### Het opstarten

Na de installatie van het pakket zit men automatisch in de directory TORSEL en kan men het programma opstarten door TORSEL in te toetsen. Na een welkomscherm verschijnt het werkscherm van figuur 3/8.9.7-1 in beeld.

Zoals uit deze afbeelding blijkt, kan men "Torselect" zonder enig probleem laten draaien in een DOS-venster van Windows 3.1.

Dit is bij de test van het programma gedaan omdat het op de testcomputer alleen mogelijk is via Windows 3.1 delen van het scherm naar de printer te sturen.

Het werkscherm heeft zeven menu's, die met de muis aan te klikken zijn of met de toetsen ← en → te selecteren zijn. In het voorbeeld is het menu "Selecteer" uitgeklapt. Onder in beeld staan twee horizontale schaaltjes, waarin balkjes aangeven hoeveel geheugen er beschikbaar is en hoe ver het doorzoeken van de database gevorderd is. Bovendien geeft de indicator "Selecties" aan hoeveel specificaties men reeds geselecteerd heeft en hoeveel "Sets" er ter beschikking staan. Een "Set" is een verzameling geselecteerde specificaties, die onder een naam weggeschreven wordt en steeds ter beschikking staat om de database te doorzoeken.




**Figuur 3/8.9.7-2:** Het werkscherm van de optie "Nieuwe Selectie" van het menu "Selecteer".

**Het menu "Selecteer"**
Dit is zonder meer het belangrijkste menu van het programma. Met dit menu kan men zoek-criteria ingeven en de transistoren die aan de selecties voldoen op het scherm zetten.

**De optie "Nieuwe Selectie"**
Na de installatie van het programma zijn er uiteraard nog geen selecties gemaakt en moet men via de optie "Nieuwe Selectie" zoek-criteria ingeven. Het werkscherm van deze optie wordt voorgesteld in figuur 3/8.9.7-2.

In het linker venster zijn de transistorparameters opgesomd, waarop men kan selecteren. Dat zijn:
- de maximale collectorstroom $I_c$;
- de maximale collector/emitter-spanning $V_{ce}$;
- de maximale collector/basis-spanning $V_{cb}$;
- de maximale emitter/basis-spanning $V_{eb}$;
- de gemiddelde versterkingen $H_{fe}$ en $H_{fe\beta}$;
- het totale vermogen $P_{tot}$;
- Het type (PNP of NPN);
- de aansluiting van de behuizing, waarbij men kan kiezen uit 102 coderingen;
- equivalenten, waarbij men maximaal twee transistortypen kan invoeren en het programma alle transistoren uit de database haalt die als equivalent van deze typen kunnen worden beschouwd. Er wordt hierbij echter niet gekeken naar de aansluitingen en de behuizing!

Nadat men een van deze specificaties heeft aangeklikt met de muis of geselec-

teerd met de cursortoetsen, verschijnt een tweede venster waarin de zogenoemde operatoren zijn samengevat. Als operatoren staan ter beschikking:

- =, gelijk aan;
- <, kleiner dan;
- >, groter dan;
- <=, kleiner dan of gelijk aan;
- >=, groter dan of gelijk aan;
- > en <, groter dan en kleiner dan;
- >= en <, groter dan of gelijk aan en kleiner dan;
- > en <=, groter dan en kleiner dan of gelijk aan;
- >= en <=, groter dan of gelijk aan en kleiner dan of gelijk aan.

Het is heel jammer dat de ontwerpers van het programma niet gedacht hebben aan de operatoren MAX en MIN. Het zou dan bijvoorbeeld erg snel mogelijk zijn geweest om dé transistor met de grootste collector/emitter-spanning uit de in totaal 11.947 transistoren te selecteren!

Na het aanklikken van een operator verschijnt een derde venstertje, waarin men een of twee getallen moet invullen. Daarbij moet men letten op de eenheden die het programma standaard gebruikt:

- stromen in ampère;
- spanningen in volt;
- vermogen in watt.

Bovendien accepteert het programma alleen de Amerikaanse notatie, dus 0.1 is "ons" 0,1.

Het is niet mogelijk willekeurige waarden in te voeren. Voert men een getal in dat het programma niet kent, bijvoorbeeld 20.0050, dan verschijnt een extra venstertje waarin de kleinere en grotere getallen getoond worden die het programma wél herkent.

Door een fout in de software zal het programma echter soms na het invoeren van de gegevens zichzelf beëindigen met de melding "onherstelbare read-fout". Dat gebeurt bijvoorbeeld om onverklaarbare redenen na het invoeren van de selectie "$I_c > 100$ en $I_c < 100$".

Na het invoeren van de eerste selectie wordt deze in het geheugen opgenomen en wordt de data-base onmiddellijk doorzocht naar dat ene selectie-criterium. Dat is uiteraard een beetje vreemd, want men zou verwachten dat dit eerst aan de orde is nadat men alle selectie-criteria die men wenst heeft ingevoerd! Het doorzoeken gaat gelukkig uiterst snel, althans op de testmachine die op 50 MHz draait.

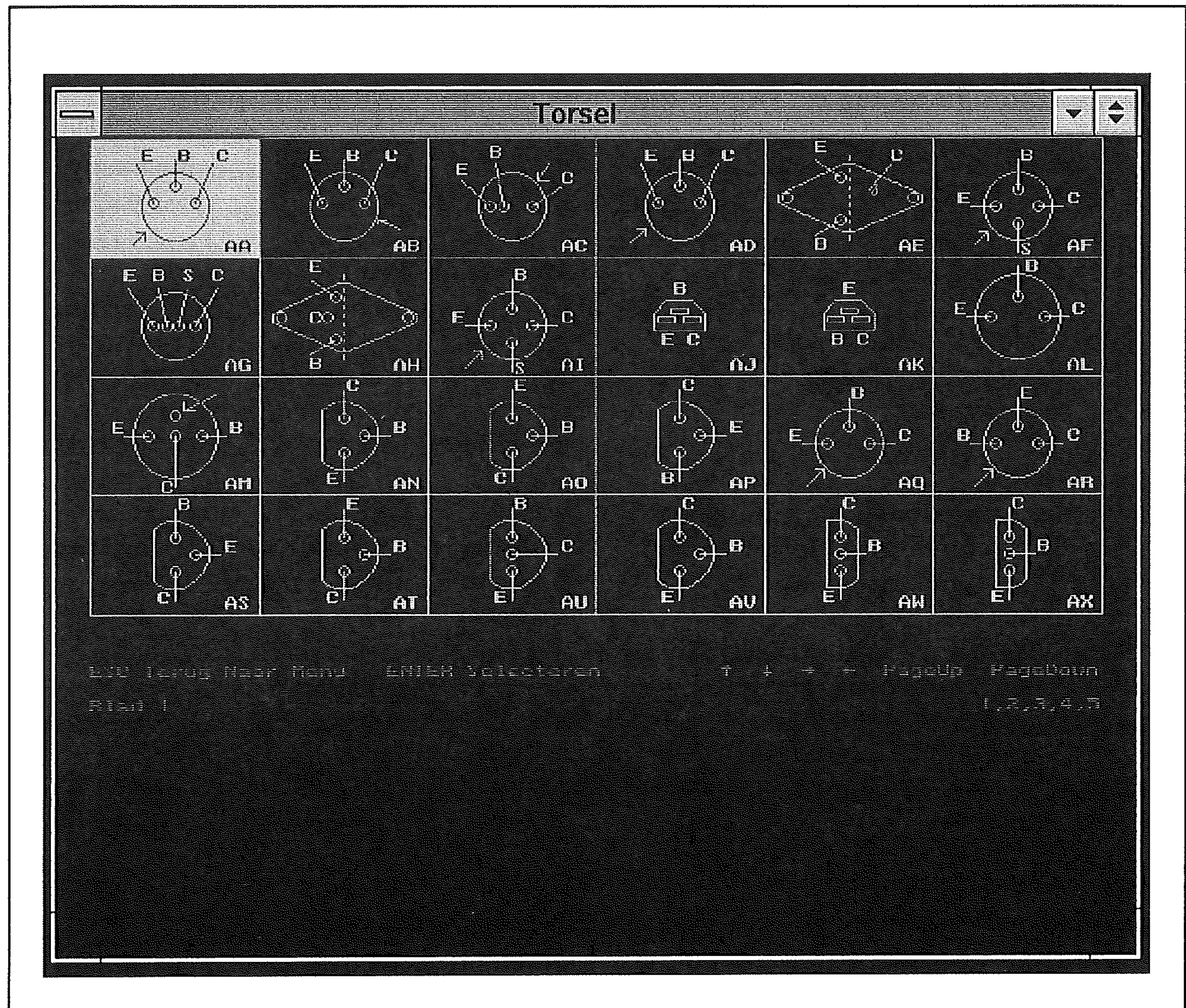
Nadien kan men de volgende selectie invoeren, waarbij het overigens zonder meer mogelijk is een eerdere selectie te overschrijven. Voert men eerst de selectie "$I_c > 0.1$" in en nadien "$I_c > 0.05$", dan wordt vanaf dat moment gezocht naar een collectorstroom die groter is dan 50 mA.

Zoals reeds opgemerkt kan men maximaal elf selecties invoeren. Het zal bovendien duidelijk zijn dat alleen spanningen, vermogens en stromen met operatoren en getallen werken. Bij de selectie "Aansluiting" verschijnt er iets heel anders op het scherm, namelijk een overzicht van de in de database aanwezige aansluitingen en behuizingen (figuur 3/8.9.7-3). Dit overzicht bevat vijf schermen.

**De optie "Laadt Bestaande Selectie"**

Alle selecties die worden gemaakt worden in het geheugen bewaard. Na het selecteren van de optie "Laadt Bestaande Selectie" verschijnt een lijstje op het scherm van alle reeds ingevoerde selecties. Men kan op deze manier dus gemakkelijk controleren of men alle gewenste selecties foutloos heeft ingevoerd en of men niet iets vergeten is.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.7-3:** Het selecteren van de aansluitingen op een grafisch scherm.

Maar bovendien kan men een van de selecties uit het lijstje aanklikken, waarna deze in het geheugen wordt geladen en deel gaat uitmaken van de actuele selectie-criteria.

**Optie "Huidige Selecties vrijgeven"**
Met deze optie worden alle actuele selecties uit het geheugen verwijderd, zodat men als het ware met een schone lei begint.

**Optie "Resultaten Naar Scherm"**
Na het activeren van deze optie zal "Torselect" alle ingevoerde selecties samenvoegen tot een zogenoemde "Set". Nadien wordt de database doorzocht naar alle halfgeleiders die aan de Set-voorwaarden voldoen en verschijnen deze op het scherm. Opgemerkt moet worden dat het programma alleen de mogelijkheid heeft om EN-relaties op te stellen. Het is niet mogelijk te zoeken op OF-relaties, zodat

men de database bijvoorbeeld niet kan doorzoeken op alle transistoren die een collectorstroom hebben die groter is dan 2 A of een maximaal vermogen hebben van 50 W en meer. In de praktijk is dat geen bezwaar, omdat men toch altijd zal zoeken naar transistoren die aan een aantal voorwaarden voldoen.

In figuur 3/8.9.7-4 is als voorbeeld het resultaat gegeven van de set:
- $I_c > 0.1$ en $I_c < 0.2$;
- $P_{tot} > 5.0$;
- Type = NPN.

De eerste selectie zoekt alle transistoren met een collectorstroom tussen 100 en 200 mA.

Na het op het scherm zetten van de transistoren vraagt het programma naar een naam, waaronder de actuele set bewaard moet worden. Deze set wordt dan opgeslagen op de harde schijf in de file TORSEL.SET, zodat deze steeds opnieuw gebruikt kan worden.

**Opmerking**
Wie het lijstje van figuur 3/8.9.7-4 goed bekijkt, stelt vast dat er twee transistoren op staan met een collector/emitter-spanning van 0 V! Dat is uiteraard nogal merkwaardig. Eerst werd gedacht aan foutjes in de database. Nader onderzoek leert echter dat van de 11.947 transistoren er:
- 90 zijn met $I_c = 0$;
- 1.024 zijn met $V_{ce} = 0$;
- 54 zijn met $V_{cb} = 0$;
- 365 zijn met $V_{eb} = 0$;
- 49 zijn met $H_{fe} = 0$;
- 13 zijn met $P_{tot} = 0$.

De database is dus alles behalve volledig en bij vele transistoren zijn de toch al summiere gegevens niet allemaal ingevuld! Het bontst maken de samenstellers het met de BSY67. Van deze transistor is alleen bekend dat het een NPN-type is en dat de collector/basis-spanning gelijk is aan 10 V. De andere specificaties staan allemaal op 0!

**Het menu "Print"**
Met dit menu kan men de resultaten rechtstreeks naar de printer sturen, de resultaten als tekst-file in een bestand bewaren of een dergelijk bestand rechtstreeks van de harde schijf naar de printer sturen.

Bij het uitprinten worden, zie figuur 3/8.9.7-5, ook de selectie-criteria afgedrukt.

**Het menu "Selecties"**
Met dit menu kan men:
- bestaande selecties laden;
- bestaande selecties uitvoeren;
- bestaande selecties verwijderen.

Met de eerste optie kan men selecties vanuit het reeds bij de optie "Laadt Bestaande Selectie" van het "Selecteer"-menu besproken lijstje naar het geheugen sturen.
Met de tweede optie wordt één selectie van dit lijstje onmiddellijk uitgevoerd, waarna de resultaten op het scherm verschijnen. Met de derde optie worden alle in de sessie gemaakte selecties verwijderd, zodat men weer met een schone lei kan beginnen.

**Het menu "Sets"**
Met dit menu worden opgeslagen sets geladen, getoond, uitgevoerd en verwijderd. Zoals reeds besproken wordt een set gemaakt op het moment dat men vanuit de optie "Resultaten Naar Scherm" weer terug gaat naar het werkscherm.

## 8.9 Software voor de ontwerper

Torsel

| TRANSISTOR | TYPE | AS | Vcb | Vce | Veb | Ic | Ptot | Hfe | HfeB | EQUIV 1 | EQUIV 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2N122 | NPN | * | 120 | 0 | 1 | 0.14 | 9 | 20 | 0.1 | BSW66 | 2N1893 |
| 2SC1059 | NPN | BQ | 300 | 300 | 4 | 0.15 | 8 | 60 | 0.05 | BD127 | BD157 |
| 2SC1168 | NPN | BQ | 300 | 0 | 5 | 0.15 | 12 | 25 | 0.05 | BD128 | BF459 |
| 2SC1505 | NPN | BH | 300 | 270 | 6 | 0.18 | 12 | 50 | 0.015 | BD410 | 2N5656 |
| 2SC1506 | NPN | BH | 300 | 270 | 6 | 0.18 | 12 | 50 | 0.015 | BD410 | 2N5656 |
| BD115 | NPN | AD | 245 | 180 | 5 | 0.15 | 6 | 22 | 0.05 | BF258 | 2N5059 |

ESC Terug Naar Menu

Aantal In Set: 6

**Figuur 3/8.9.7-4:** Het resultaat van de opdracht “Resultaten Naar Scherm”.

TORSELECT 1.0 WEKA Uitgeverij B.V. / Mag software

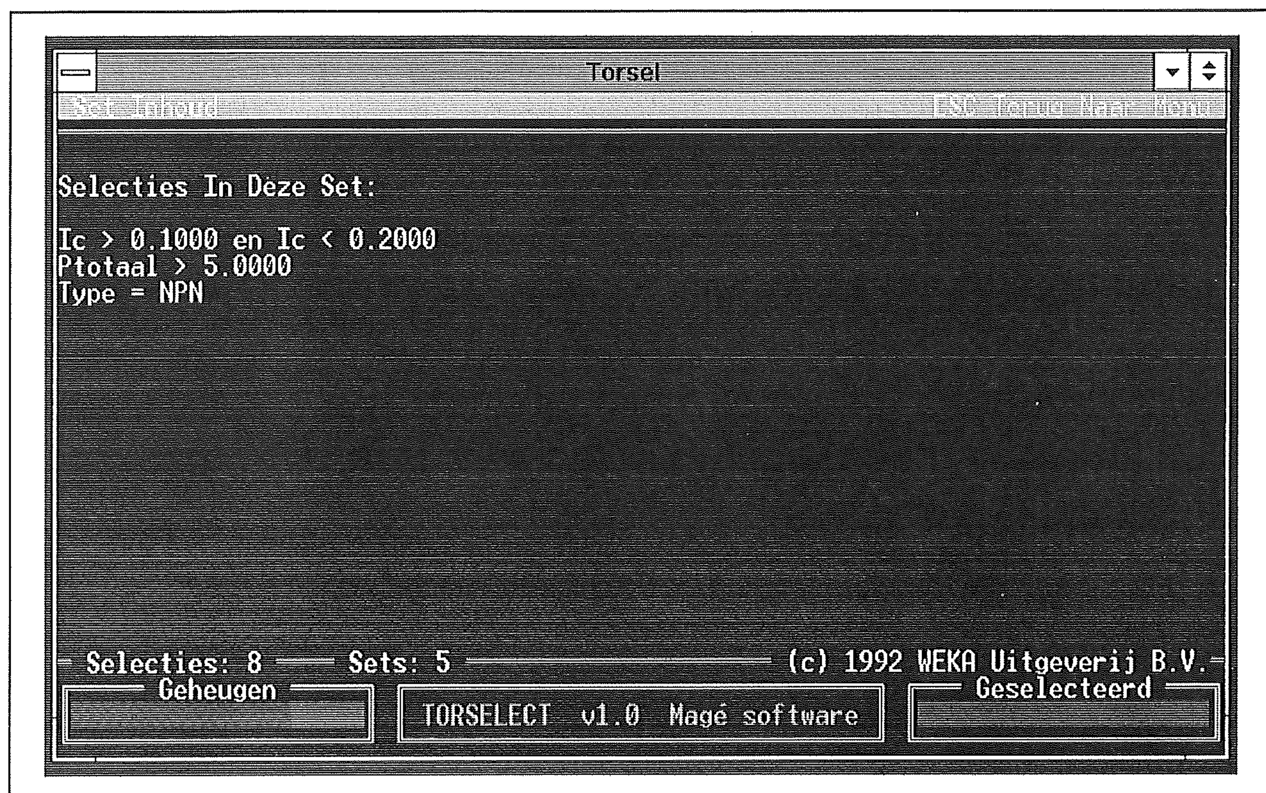
Selecties:
Ic > 0.1000 en Ic < 0.2000
Ptotaal > 5.0000
Type = NPN

| TRANSISTOR | TYPE | AS | Vcb | Vce | Veb | Ic | Ptot | Hfe | HfeB | EQUIV-1 | EQUIV-2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2N122 | NPN | * | 120 | 0 | 1 | 0.14 | 9 | 20 | 0.1 | BSW66 | 2N1893 |
| 2SC1059 | NPN | BQ | 300 | 300 | 4 | 0.15 | 8 | 60 | 0.05 | BD127 | BD157 |
| 2SC1168 | NPN | BQ | 300 | 0 | 5 | 0.15 | 12 | 25 | 0.05 | BD128 | BF459 |
| 2SC1505 | NPN | BH | 300 | 270 | 6 | 0.18 | 12 | 50 | 0.015 | BD410 | 2N5656 |
| 2SC1506 | NPN | BH | 300 | 270 | 6 | 0.18 | 12 | 50 | 0.015 | BD410 | 2N5656 |
| BD115 | NPN | AD | 245 | 180 | 5 | 0.15 | 6 | 22 | 0.05 | BF258 | 2N5059 |

Aantal In Set: 6

**Figuur 3/8.9.7-5:** Een voorbeeld van de print-out van de resultaten.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.7-6:** Het scherm na het uitvoeren van de instructie "Inhoud Bestaande Set Tonen".

De set bevat alle actuele selecties die in het geheugen zijn geladen. Omdat alle sets in een bestand worden weggeschreven onder een eigen naam kan men ook bij het hernieuwd opstarten van het programma onmiddellijk een van de sets laden zonder alle selecties weer te moeten invoeren. Bij het uitvoeren van een set worden uiteraard eerst alle eventueel in het geheugen aanwezige selecties verwijderd, zodat alleen de selecties van de set van toepassing zijn.

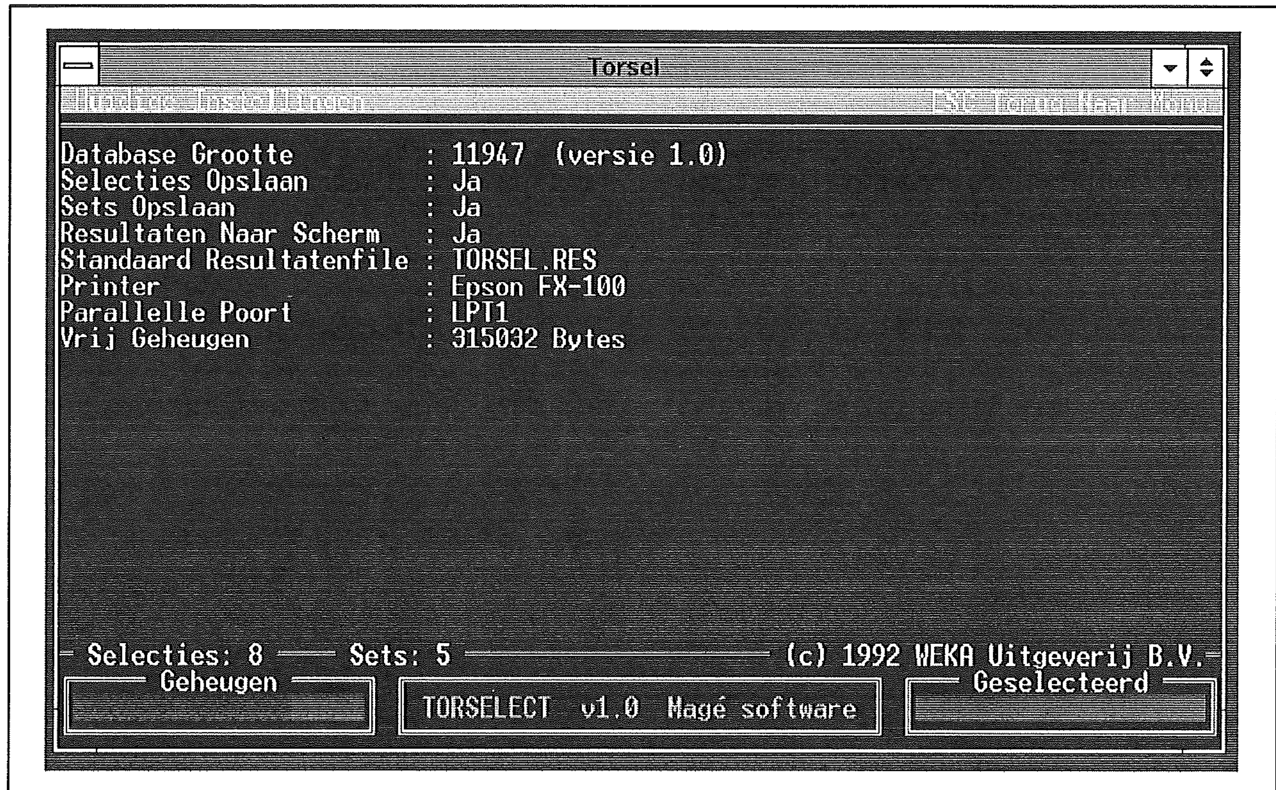
Na het selecteren van de optie "Inhoud Bestaande Set Tonen" verschijnt een lijstje op het scherm waarin de namen van alle bewaarde sets staan.
Na het aanklikken van een naam wordt de inhoud van de set getoond, zie figuur 3/8.9.7-6.

Er zit trouwens een klein foutje in het programma. Als er geen sets beschikbaar zijn, verschijnt de foutmelding "Er Zijn Sets Beschikbaar" op het scherm. Dat moet natuurlijk zijn "Er Zijn Geen Sets Beschikbaar"!

**Het menu "Instellingen"**
Dit menu heeft zes opties, die in het kort worden besproken.

- Optie "Selecties Opslaan"
  Als deze optie op "Ja" staat worden alle ingevoerde selecties in het bestand TORSEL.SEL op de harde schijf bewaard en staan bij het hernieuwd opstarten van het programma ter beschikking. Overigens kan men maximaal 75 selecties in dat bestand opbergen.
- Optie "Sets Opslaan"

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.7-7:** Het scherm na het uitvoeren van de optie "Huidige Instellingen".

Ook dit is een "Ja/Nee"-schakelaar die al dan niet alle gemaakte sets naar het bestand TORSEL.SET stuurt. Ook hierbij geldt een maximum van 75.

- Optie "Resultaten Naar Scherm"
  Indien deze optie op "Ja" staat, worden de resultaten van een zoek-actie naar het scherm gestuurd. Bij "Nee" worden de gegevens standaard naar een file op de harde schijf geschreven.
- Optie "Selecteer Printer"
  Hiermee kan men de software instellen op:
  - Epson FX-100;
  - IBM Proprinter;
  - HP Laserjet.

  Voor een modern programma is een keuze uit slechts drie printers toch wel wat weinig! Het is te gek dat men voor het uitprinten op bijvoorbeeld een Postscript-printer dit apparaat eerst naar Proprinter-emulatie moet omschakelen! Bovendien kan men als poort alleen een van de beschikbare LPT-poorten kiezen en geen COM. Weliswaar wordt in de handleiding uitgelegd hoe men met de DOS-instructie MODE de uitvoer van LPT naar COM kan omleiden, maar heel erg fraai is dit niet. In een modern programma hoort zonder meer de mogelijkheid te bestaan een seriële printer rechtstreeks aan te sturen!
- Optie "Instellingen Opslaan"
  Met deze optie worden de huidige instellingen naar de harde schijf geschreven en zal het programma de volgende keer hiermee opstarten.
- Optie "Huidige Instellingen"
  Hiermee worden de huidige instellingen samengevat op het scherm, zie figuur 3/8.9.7-7.

**De menu's "Einde" en "Info"**
Met het menu "Einde" verlaat men het programma.
Het menu "Info" geeft wat summiere informatie over de twee leverbare programma's van Magé, namelijk "Torselect" en "Torbase".

**Conclusie**
Het programma "Torselect" is zonder meer, ook gelet de lage prijs, een handig hulpmiddel voor de elektronische ontwerper. De geteste versie is 1.0, in een tweede versie zullen de geconstateerde kleine foutjes ongetwijfeld verwijderd worden.
Bovendien moeten de ontbrekende gegevens in de database zo snel mogelijk worden ingevuld!

**Informatie**
"Torselect" is ontwikkeld door Magé Software uit Hoogezand en wordt exclusief op de markt gebracht door Uitgeverij Weka BV uit Amsterdam.
De prijs van het pakket bedraagt *f* 149,00.

# 3/8.9.8

# CAAD 3.0, een ontwerpprogramma voor luidsprekerboxen

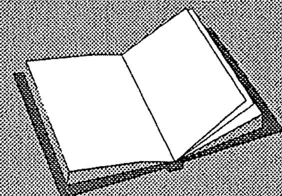
## Inleiding

**Leuk, maar moeilijk**
Het zélf ontwerpen van luidsprekerboxen is een heel leuke hobby, maar er zijn toch wel wat problemen. Luidsprekers zijn ingewikkelde dingen en het is niet zo gemakkelijk een setje luidsprekers bij elkaar te zoeken, die wat eigenschappen betreft ook écht bij elkaar passen. Bovendien moet men filters berekenen. Hoewel deze filters passief zijn en de formules niet erg ingewikkeld zijn heeft men vaak te maken met het probleem dat men niet alle noodzakelijke eigenschappen van de luidsprekers kent. Vervolgens komt het probleem van het bepalen van het soort behuizing, de optimale afmetingen hiervan, de diameter en de lengte van de tuned-pipe (indien van toepassing).

**CAAD 3.0**
Het Duitse bedrijf Inter-Mercador GmbH, importeur van het Monacor-assortiment, heeft een oplossing voor dit probleem gezocht door het ontwikkelen van het Windows-programma "CAAD 3.0". Met dit programma heeft men alle hulpmiddelen in handen om luidsprekerboxen te ontwerpen. Het programma voert alle berekeningen uit en beschikt bovendien over een uitgebreide database waarin alle relevante gegevens van alle luidsprekers uit het Monacor-programma aanwezig zijn. Men kan bovendien uit verschillende soorten boxen kiezen, waarna het programma de optimale afmetingen hiervan berekent aan de hand van de geselecteerde luidsprekers.

**Eigenschappen in het kort**
CAAD 3.0 heeft de onderstaande mogelijkheden:
- selecteren van de taal van alle menu's en schermboodschappen uit Nederlands, Duits, Engels, Spaans, Deens en Zweeds (wanneer wordt dat standaard voor alle programma's!);
- ontwerpen van twee-, drie- of vier-weg systemen;
- selecteren van maximaal drie luidsprekers uit een interne database;
- database met luidsprekers uitbreiden met eigen specificaties;
- berekenen van zeven soorten filters, van het eenvoudige 6 dB Butterworth

**LEES OOK:**
Hoofdstuk 3/4.8
Hoofdstuk 3/7.2
Hoofdstuk 3/7.3
Hoofdstuk 3/7.4
Hoofdstuk 3/7.5
Hoofdstuk 3/7.6



filter tot het zeer steile 24 dB Linkwitch-Riley type en dit voor alle systemen;
- extra resistieve verzwakker netwerken berekenen voor het reduceren van de gevoeligheid van luidsprekers met een te hoog geluidsrendement;
- berekenen van extra egalisatie-netwerken, waarmee het niet vlakke verloop van de impedantie-karakteristiek van luidsprekers wordt afgeplat, met andere woorden waarmee er wordt voor gezorgd dat de impedantie tamelijk constant blijft;
- alle berekende componentenwaarden automatisch laten afronden dan wel samen stellen uit de standaard E-12 of E-24 waarden;
- keuze uit de volgende box-typen:
  - gesloten kast;
  - basreflex kast;
  - bandfilter kast;
  - compound box;
  - transmissie lijn;
  - hoorn;

  en voor ieder type alle relevante afmetingen berekenen;
- bouwtekening genereren voor de geselecteerde en door het programma berekende kast;
- impedantie, fase en geluidsdruk grafieken berekenen en tekenen voor het eindresultaat.

**Programma-gegevens**
CAAD 3.0 voor Windows is in Nederland te koop bij alle vestigingen van de "Elektronica Distributie Centrum"-groep, centraal telefoonnummer 030-26650150 en kost *f* 71,00 ex. BTW. Het programma wordt geleverd op één HD diskette samen met een Duitse en Engelse handleiding. De tekst van deze handleiding staat echter ook in Nederlandse vertaling op de diskette.

# Kennismaking met het programma

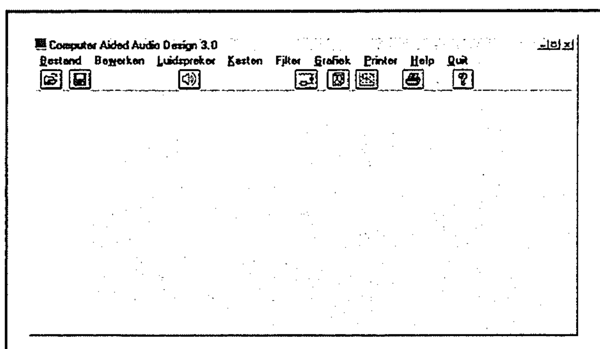
**Systeem-eisen**
CAAD 3.0 vraagt niet erg veel van het systeem:
- IBM-compatibele computer met minstens 80286 processor;
- een grafische kaart ondersteunt door Windows 3.1 of 95;
- 4 MB RAM waarvan minstens 540 kB vrij werkgeheugen;
- Windows vanaf versie 3.1;
- MS-DOS vanaf versie 3.3;
- diskettestation 3,5", 1,4 MB;
- harde schijf met minstens 4 MB vrije ruimte.

**Installatie van CAAD 3.0**
Het programma moet op de harde schijf geïnstalleerd worden door in "Bestandsbeheer" het programma SETUP.EXE op de diskette op te starten. Na invoeren van een directory op de harde schijf kopieert het SETUP-programma automatisch alle noodzakelijke gegevens in de aangegeven directory: 69 bestanden met een omvang van 1,35 MB. Bovendien worden helaas systeemgegevens naar de SYSTEM-directory van Windows gekopieerd.

**Het opstarten van CAAD 3.0**
Het eigenlijke programma heet CAAD3_0.EXE en zet het lege werkvenster van figuur 3/8.9.8-1 op het scherm. Dit venster bevat negen menu's en acht knoppen, waarvan alle mogelijkheden en opties in de volgende paragraafjes worden besproken.

**Het menu "Bestand"**
Dit menu biedt de volgende opties:

- Database-bestand laden:
  Men kan de luidspreker databank kiezen, waaruit de Thiele/Small-parameters voor de luidsprekerberekeningen genomen worden. Standaard wordt de databank IMG.TTN opgeladen.
- Database-bestand aanmaken:
  Via deze optie kan men de gegevens van nieuwe luidsprekers in een eigen databank onderbrengen. CAAD 3.0 creëert automatisch 3 data-files: één voor basluidsprekers, één voor middentoners en één voor tweeters.
- Project laden:
  Een "project" is een berekening van een box. Uiteraard kunnen deze projecten opgeslagen worden op de harde schijf. De extensie is in dit geval ".PKT". Met het menupunt "Project laden" kan men de gegevens van een project opnieuw oproepen.
- Project opslaan:
  Alle gegevens van het box-ontwerp waarmee men bezig is worden hiermee in een .PKT bestand opgeslagen.




**Figuur 3/8.9.8-1:** Het lege openingsscherm van CAAD 3.0.

- Informatiebestanden:
  Onder dit menupunt staan negen tekstbestanden met informatie over de MONACOR-producten zoals luidsprekers, spoelen, condensatoren, weerstanden, basreflex-pijpen en luidsprekercombinaties. Aanklikken van een van deze selecties opent de standaard tekstverwerker met de geselecteerde tekst er in. Bovendien staat er ook een vrij technisch verhaal over filterberekening ter beschikking.

**Het menu "Bewerken"**
Dit menu heeft vijf opties:
- Kleuren:
  Hiermee kan men de kleuren waarmee het programma werkt aan de eigen wensen aanpassen.
- Komponentenreeks:
  De E-norm voor de onderdelen van filterschakelingen kan hier ingesteld worden. Men heeft de keuze tussen E-12, E-24 en de exacte waarde.
- Land:
  Men kan kiezen uit zeven talen: Nederlands, Deens, Duits, Engels, Spaans, Frans en Zweeds. Klik op de gewenste taal en de taal van alle menu's wordt automatisch gewisseld.
- Bewaar instellingen:
  De hierboven beschreven instellingen kunnen onder dit punt in het bestand "CAAD.SYS" opgeslagen worden. De instellingen worden dan bij elke programmastart automatisch terug opgeroepen.

**Het menu "Luidspreker"**
Hier staan drie opties ter beschikking:
- Luidspreker-editor:
  Met dit menupunt kan men luidsprekerdata ingeven, opvragen en bewaren. De luidspreker-editor wordt later uitgebreid beschreven.
- Selecteer luidspreker:
  Voor de keuze van een luidspreker uit de actieve database activeert men dit menupunt. Men heeft dan de keuze

tussen basluidsprekers, middentoners en tweeters. Nadat één van deze punten is uitgekozen, wordt de luidspreker-editor automatisch geactiveerd. Er verschijnt een keuzelijst met luidsprekers, waarvan de parameters gekend zijn. Door te dubbelklikken met de linker muistoets wordt de gewenste luidspreker geladen. Men kan de gegevens veranderen of naar het hoofdmenu terugkeren. De luidsprekerparameters blijven in het geheugen.

- Editeer nieuwe luidspreker:
  Om een nieuwe luidspreker in de database in te voeren komt men via dit menupunt opnieuw in de luidspreker-editor. De velden zijn nu echter leeg. Men moet de luidsprekernaam en alle Thiele/Small-parameters van de nieuwe luidspreker invoeren. Bij het ontbreken van sommige parameters kunnen deze automatisch berekend worden.

**Het menu "Kasten"**
Onder dit menu staan de eigenlijke kastberekeningen. Men heeft de keuze tussen acht kasttypes:
- gesloten kast;
- basreflexkast;
- bandfilterkast;
- compound-gesloten kast;
- compound-basreflex kast;
- compound-bandfilter kast;
- transmission line;
- hoornkast.

Men klikt met de linker muistoets de gewenste kast aan, waarna de kast-editor in beeld verschijnt (zie later).

**Het menu "Filter"**
Door dit menupunt te activeren komt men in een afzonderlijk programma, de "filter-editor". Hier heeft men de mogelijkheid om scheidingsfilters van eerste tot vierde orde te berekenen in twee- tot vierweg uitvoering. Men kan een impedantiecorrectie laten berekenen voor de impedantiestijging zowel bij de resonantiefrequentie als bij stijgende frequenties. Ook de rendementsaanpassing van de verschillende luidsprekers kan in deze editor uitgevoerd worden. Een uitgebreider bespreking van de filter-editor staat verder in dit hoofdstuk.

**Het menu "Grafiek"**
Twee opties staan ter beschikking:
- Geluidsdrukgrafiek:
  Na berekening van een luidsprekerkast kan men hier de weergave- en impedantie-curve van het systeem bekijken. Bij TL-kasten en bij hoornsystemen worden deze curven niet berekend. Om het resultaat van twee kastberekeningen te vergelijken, kan men door de toets "s" in te drukken, de zojuist berekende curve bewaren en met "l" opnieuw opladen wanneer dat nodig zou zijn. De curve wordt dan opnieuw op het scherm getoond. De vergelijkingscurve wordt in het rood afgebeeld op het scherm.
- Kasttekening:
  Bij activering van deze functie kan men de berekende behuizing in een eerste beeld driedimensioneel bekijken, zie als voorbeeld figuur 3/8.9.8-2. Na een muisklik verschijnt een tweede figuur met een doorsnede van de behuizing met alle door het programma berekende afmetingen. Men heeft de mogelijkheid om in het tekstvenster rechtsboven aan de rand van het beeldscherm de afstand van de bodem tot de luidspreker te veranderen, de afstand van luidspreker tot luidspreker (bij gebruik van gelijke luidsprekers) in te

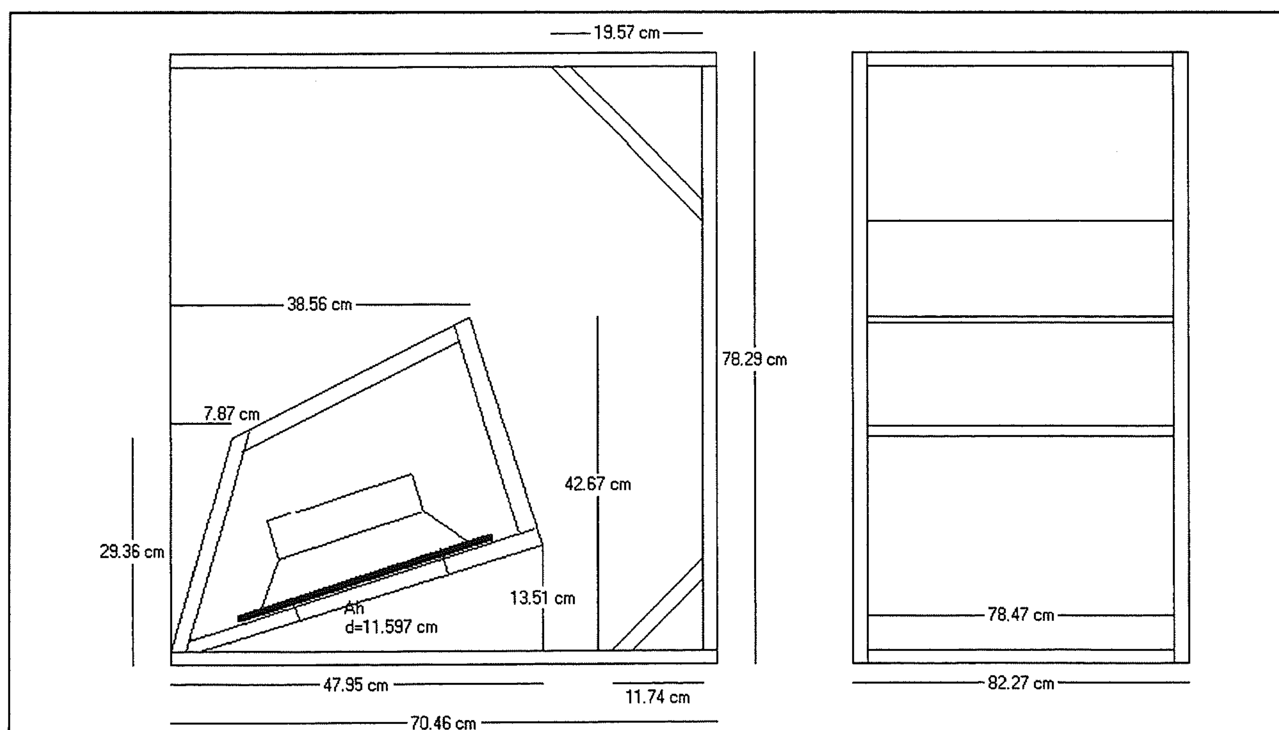
geven en de wandsterkte van de behuizing te definiëren. Door nogmaals met de linker muistoets te klikken verlaat men het venster van de kasttekening.

**Het menu "Printer"**

- Selecteer printer:
  De standaard manier om onder Windows een andere dan de actieve printer te selecteren.
- Printer instellingen:
  Hier voert men de instellingen voor de actieve printer in.
- Schermafdruk:
  Via deze optie wordt direct een afdruk van het scherm gemaakt. Bij grafieken wordt de voorgrond naar zwart en de achtergrond naar wit gewisseld (bij kleurendruk zou anders het kleurenpatroon te snel leeg zijn). Na de afdruk worden de normale kleuren terug ingesteld.
- Afdruk kastgegevens:
  Stuurt de tekening van de kast naar de printer.
- Afdruk SPL:
  Bij weergave van de weergave- en de impedantie-curve kunnen deze grafieken via dit menupunt afgedrukt worden.
- Afdruk lijst:
  Afgebeelde lijsten kunnen door het selecteren van deze optie uitgeprint worden.

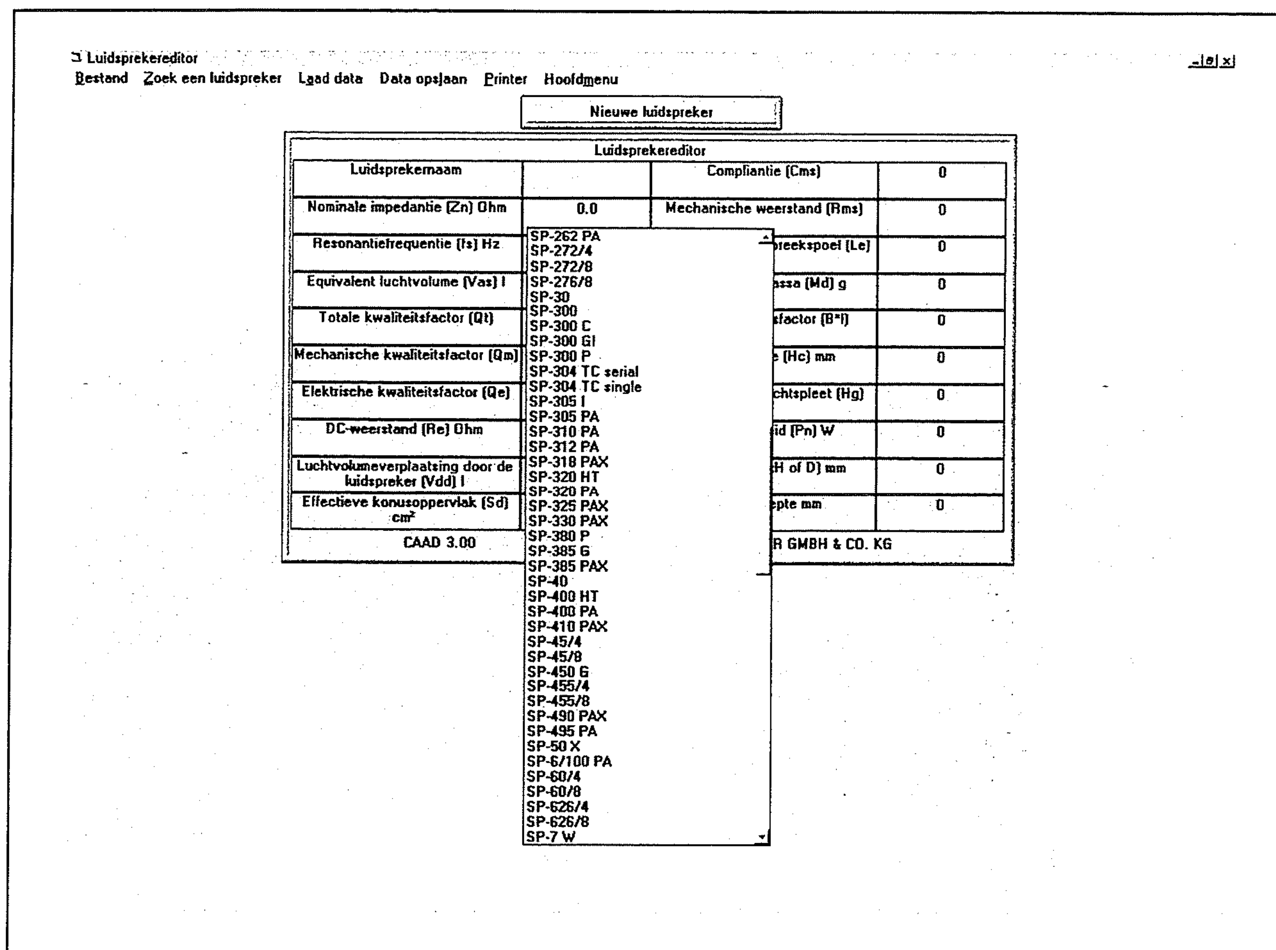
**Het menu "Help"**

- Help:
  Hier worden de meeste invoervelden van de berekenings-editor verklaard.
- Handleiding:
  Zoals de naam doet vermoeden kan hiermee de handleiding op het scherm bekeken worden. Het Windows-programma "Write" dient daarbij als teksteditor.




**Figuur 3/8.9.8-2:** Voorbeeld van een door het programma gegenereerde tekening van een hoorn-behuizing.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.8-3:** Het openingsscherm van de luidspreker-editor met in het midden het lijstje met in de database aanwezige lage tonen luidsprekers uit het Monacor-assortiment.

# De luidspreker-editor

## Inleiding

Het zal duidelijk zijn dat het ontwerpproces van een luidsprekerbox begint met het kiezen van de luidsprekers. Of, nauwkeuriger uitgedrukt, met het selecteren van de lage tonen luidspreker. Deze bepaalt immers de afmetingen en vormgeving van de kast. De overige speakers, midrangers en tweeters, hebben geen klankkast nodig om hun geluidsweergave te optimaliseren en kunnen zonder enig probleem in de voor de bass-speaker ontworpen behuizing ondergebracht worden.

Na het opstarten van de luidspreker-editor moet men dan ook als eerste punt een lage tonen luidspreker uit de bestaande database selecteren. In figuur 3/8.9.8-3 is het werkscherm van deze luidspreker-editor weergegeven.

Men kan op verschillende manieren in dit werkscherm komen. Uit het menu "Luidspreker" werd gekozen voor de optie "Selecteer luidspreker" en nadien "Bas". Er verschijnt dan een lijstje met alle lage tonen speakers die in de database aanwezig zijn.

Na het aanklikken van een exemplaar worden de bekende eigenschappen van deze luidspreker ingevuld in de tabel die

het grootste deel van het scherm van de luidspreker-editor opvult.

**De menu's**
Ook de luidspreker-editor biedt een aantal menu's, die in de volgende paragrafen in het kort besproken worden.

**Het menu "Bestand"**
Met dit menu kan men databases beheren, dus:
- Kies een database;
- Database-bestand aanmaken;
- Nieuwe luidspreker:
  Men kan een nieuwe luidspreker definiëren, de invoervelden van de luidspreker-editor worden vrijgemaakt. Alle bekende Thiele & Small-parameters moeten in de betreffende velden ingevoerd worden. Indien sommige gegevens niet bekend zijn moet men "0" invoeren. CAAD 3.0 kan in de meeste gevallen deze velden berekenen. Wanneer alle gegevens zijn ingevoerd, kan deze datareeks bewaard worden via het menupunt "Data opslaan/Data opslaan als nieuw" uit het menu "Data opslaan". Voordat de gegevens van de nieuwe luidspreker in een bestand worden weggeschreven, wordt nog gevraagd om het luidsprekertype in te geven (Bas, Middentoner of Tweeter). De luidspreker wordt dan in het juiste bestand weggeschreven.
- Verwijder luidspreker:
  Wil men een luidspreker uit de database verwijderen, dan moet eerst de luidspreker geladen worden in de luidspreker-editor. Activeer daarna "Verwijder luidspreker".

**Het menu "Zoek een luidspreker"**
Zoekt men een luidspreker met bepaalde gegevens of met een bepaalde naam, dan wordt in dit menu de mogelijkheid gegeven te zoeken op de luidsprekernaam, de resonantiefrequentie, de kwaliteitsfactor of het equivalent volume. Bij het zoeken moet men naast de gezochte gegevens ook de toleranties op die gegevens invoeren. Na deze ingave wordt een lijst getoond van de luidsprekers die aan de gegevens voldoen. Door te dubbelklikken met de linker muistoets wordt de gewenste luidspreker in de editor geladen.

**Het menu "Laad data"**
Heeft men een databank geselecteerd dan kan via dit menu een luidspreker uit de databank in de luidspreker-editor worden geladen. Men moet een basluidspreker, een middentoner of een tweeter selecteren. In een keuzelijst worden dan alle luidsprekers getoond.

**Het menu "Data opslaan"**
Dit menu kent twee opties:
- Data opslaan als nieuw:
  Heeft men een nieuwe datareeks gemaakt, dan moet men deze via het menupunt "Nieuwe datareeks" bewaren (zie hierboven).
- Overschrijf huidige data:
  Heeft men gegevens in de luidspreker-editor veranderd, dan kan men via deze menu-optie de wijzigingen in de database bewaren.

**Het menu "Printer"**
- Schermafdruk:
  De gegevens van de luidspreker-editor kunnen via dit commando op een printer afgedrukt worden.

**Het menu "Hoofdmenu"**
Bij aanklikken van dit punt keert men terug naar het openingsvenster van het programma.

**8.9 Software voor de ontwerper**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Luidsprekernaam | 10-100 GP | Compliantie (Cms) | 0.175 |
| Nominale impedantie (Zn) Ohm | 8.0 | Mechanische weerstand (Rms) | 3.761 |
| Resonantiefrequentie (fs) Hz | 85.0 | Inductie van de spreekspoel (Le) mH | 0.63 |
| Equivalent luchtvolume (Vas) l | 20.0 | Bewegende massa (Md) g | 20.0 |
| Totale kwaliteitsfactor (Qt) | 0.36 | Bekrachtigingsfactor (B*l) | 12.46 |
| Mechanische kwaliteitsfactor (Qm) | 2.84 | Wikkelhoogte (Hc) mm | 10.0 |
| Elektrische kwaliteitsfactor (Qe) | 0.42 | Hoogte van de luchtspleet (Hg) mm | 6.0 |
| DC-weerstand (Re) Ohm | 6.1 | Belastbaarheid (Pn) W | 100.0 |
| Luchtvolumeverplaatsing door de luidspreker (Vdd) l | 1.7 | Afmetingen (BxH of D) mm | 2670.0 |
| Effectieve konusoppervlak (Sd) cm² | 310.0 | Montagediepte mm | 106.0 |

**Figuur 3/8.9.8-4:** De tabel met de gegevensvelden van de geselecteerde luidspreker.

## De invoervelden

Nadat men een luidspreker heeft geselecteerd wordt een tabel weergegeven, waarin de eigenschappen van het type staan, zie figuur 3/8.9.8-4. De meeste parameters uit deze tabel zijn zo specifiek dat zij enige toelichting verdienen.

- Luidsprekernaam:
  Het typenummer van de luidspreker uit de database of een zélf verzonnen naam als men een nieuwe luidspreker wil invoeren.
- Nominale impedantie (Zn) Ohm:
  De vectoriële som van de gelijkstroomweerstand (Re) en de inductieve weerstand van de luidsprekerspoel. Deze parameter is louter informatief en wordt niet berekend.
- Resonantiefrequentie (fs) Hz:
  De frequentie waarbij de impedantie van de luidspreker een maximum bereikt.
  Deze Thiele/Small-parameter is belangrijk voor andere berekeningen en moet daarom zo juist mogelijk ingegeven worden. Deze parameter wordt berekend.
- Equivalent luchtvolume (Vas) l:
  Het luchtvolume met dezelfde “meegaandheid” als de membraanophanging van de luidspreker. Deze Thiele/Small-parameter is belangrijk voor andere berekeningen en moet daarom zo juist mogelijk ingegeven worden.
- Totale kwaliteitsfactor (Qt):
  De totale kwaliteitsfactor van de luidspreker die berekend wordt uit de elektrische kwaliteitsfactor (Qe) en de mechanische kwaliteitsfactor (Qm). Ook deze Thiele/Small-parameter is belangrijk voor andere berekeningen en moet daarom zo juist mogelijk ingegeven worden.
- Mechanische kwaliteitsfactor (Qm):
  Deze parameter wordt door de meeste fabrikanten vermeld. Ook deze Thiele/Small-parameter is belangrijk voor andere berekeningen en moet daarom zo juist mogelijk ingegeven worden.

- Elektrische kwaliteitsfactor (Qe):
  Deze Thiele/Small-parameter is zeer belangrijk voor andere berekeningen en moet daarom zo juist mogelijk ingegeven worden. In de meeste gevallen staat deze parameter bij de door de luidsprekerfabrikant opgegeven parameters.
- DC-weerstand (Re) Ohm:
  De gelijkstroomweerstand van de luidspreker kan eenvoudig met een Ω-meter gemeten worden. Deze Thiele/Small-parameter is belangrijk voor andere berekeningen en moet daarom zo juist mogelijk ingegeven worden.
- Luchtvolumeverplaatsing door de luidspreker (Vdd) l:
  Deze parameter geeft een indicatie van het verplaatste luchtvolume door de luidspreker en wordt uitgedrukt in liter.
- Effectieve konusoppervlak (Sd) $cm^2$:
  Als men deze eigenschap niet kent moet deze berekend worden. Deze parameter wordt namelijk gebruikt voor de berekening van andere parameters. De berekening gebeurt aan de hand van de effectieve diameter van het membraan. De diameter wordt gemeten door telkens het midden van de ophanging te nemen.
- Compliantie (Cms) mm/N:
  Dit definieert de "meegaandheid" van de membraanophanging van de luidspreker.
- Mechanische weerstand (Rms):
  Dit is de som van alle wrijvingsweerstanden door de membraanophanging, de aansluitkabel en de luchtweerstand.
- Inductie van de spreekspoel (Le) mH:
  Deze parameter wordt gebruikt voor de berekening van andere parameters en moet dus absoluut ingevoerd worden.
- Bewegende massa (Md) g:
  Som van de massa's van het membraan en de ophanging. Deze waarde wordt gebruikt voor de berekening van andere parameters en moet dus ingevoerd worden.
- Bekrachtigingsfactor (B*l) N/A:
  Deze waarde geeft aan hoe sterk de luidspreker-"motor" is en dient te worden ingegeven indien mogelijk.
- Wikkelhoogte (Hc) mm:
  De wikkelhoogte van de luidsprekerspoel. Deze parameter is niet belangrijk en dient in feite alleen ter informatie.
- Hoogte van de luchtspleet (Hg) mm:
  De hoogte van de luchtspleet, waarin de luidsprekerspoel beweegt. Ook deze parameter dient ter informatie.
- Belastbaarheid (Pn) Wrms:
  De maximale continu belastbaarheid van de luidspreker met een sinussignaal, ter informatie.
- Afmetingen (BxL of D) mm:
  Breedte x lengte of de diameter van de luidspreker in mm. Deze gegevens zijn belangrijk voor de berekening van Compound-kasten.
- Montagediepte mm:
  De inbouwdiepte van de luidsprekers. Dit gegeven wordt gebruikt bij de berekening van Compound-kasten.

# Het berekenen van de kast

**Inleiding**

Na het selecteren dan wel invoeren van een luidspreker in de luidspreker-editor kan men een kastmodel kiezen uit het menu "Kasten" van het hoofdvenster. Er verschijnt nu een nieuwe tabel op het scherm, die "Kastberekening" wordt genoemd, zie figuur 3/8.9.8-5.

**8.9 Software voor de ontwerper**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Luidsprekernaam | C12-100 BASS | Akoestisch volume (Vab) l | 56.105 |
| Kasttype | Gesloten | Netto boxvolume (Vb) l | 46.754 |
| Aantal gelijke luidsprekers | 1.0 | incl. interne demping | |
| Resonantiefrequentie (fs) Hz | 50.0 | Totale Q van de gesloten box (Qcb) | 0.707 |
| Equivalent luchtvolume (Vas) l | 83.0 | Resonantiefrequentie van de box (fcb) Hz | 78.731 |
| Totale kwaliteitsfactor (Qt) | 0.449 | Relatieve SPL bij fcb (dB) | -3.012 |
| Mechanische kwaliteitsfactor (Qm) | 4.2 | Efficiency bandwidth product (EBP) | 101.167 |
| Elektrische kwaliteitsfactor (Qe) | 0.46 | Referentie SPL (dB) | 94.979 |
| DC-weerstand (Re) Ohm | 6.4 | Alfa (fcb/fs)²-1 (a) | 1.479 |
| Serieweerstand (Rs) Ohm | 0.6 | | |
| Totale Q van de gesloten box (Qcb) | 0.707 | VOORGESTELDE BOX (inclusief Vb+) | |
| Resonantiefrequentie van de box (fcb) Hz | 78.731 | Interne breedte (cm) | 29.345 |
| Alfa (fcb/fs)²-1 (a) | 1.479 | Interne hoogte (cm) | 45.851 |
| Netto gesloten boxvolume (Vb) l | 46.754 | Interne diepte (cm) | 36.681 |
| Toegevoegd volume (Vb+) l | 0.0 | | |

**Figuur 3/8.9.8-5:** De tabel met gegevens die de basis vormt voor het berekenen van de kastafmetingen.

Hoewel het programma de meeste velden invult, moet men deze waarden als suggesties beschouwen. Men kan de waarden aanpassen aan de eigen voorkeur, waarbij natuurlijk wél verondersteld wordt dat men specialistische kennis heeft van de eigenschappen die noodzakelijk zijn om een goede kast te maken.
In de tabel staan algemene gegevens, die voor alle soorten kasten gelden, maar ook gegevens die typisch zijn voor één bepaald model behuizing.

**De algemene gegevens**

- Luidsprekernaam:
  De luidsprekernaam wordt automatisch uit de database overgenomen. Desgewenst kan hij ook overschreven worden. De luidsprekernaam verschijnt nu in alle bovenschriften van de kastberekening. Ook op de grafiekafdrukken van de kastberekening verschijnt de naam als kenteken van de afdrukken. De maximale lengte van de luidsprekernaam wordt bepaald door de grafische resolutie en de lettergrootte.
- Kasttype:
  In het veld "Kasttype" wordt het gekozen kasttype weergegeven.
- Resonantiefrequentie (fs) Hz:
  Op deze plaats wordt de resonantiefrequentie van de luidspreker, gemeten in het vrije veld, ingegeven. Indien een luidspreker uit de database geselecteerd is, wordt deze parameter automatisch overgenomen.
- Equivalent luchtvolume (Vas) l:
  Deze parameter stelt het luchtvolume voor met dezelfde "meegaandheid" als de membraanophanging, gemonteerd in een gesloten luchtdichte kast.

- Totale kwaliteitsfactor (Qts):
  Dit is een zéér belangrijke parameter voor de kastberekening. Qts geeft uitsluitsel over de mechanische en elektrische kwaliteitsfactoren van de luidspreker. De totale kwaliteitsfactor heeft een beslissende invloed op de uiteindelijke luidsprekerkast. Wanneer als waarde 0 wordt ingegeven, berekent het programma de Qts uit de volgende factoren:
  - DC-weerstand (Re);
  - mechanische kwaliteitsfactor (Qms);
  - elektrische kwaliteitsfactor (Qes);
  - weerstand Rs.

  De laatste factor is de totale weerstand gevormd door de luidsprekerkabel en spoelen in de filternetwerken. Al deze waarden beïnvloeden de elektrische kwaliteitsfactor en daardoor ook de totale kwaliteitsfactor Qts.
- Mechanische kwaliteitsfactor (Qm):
  De mechanische kwaliteitsfactor vormt een weergave van bijvoorbeeld de kwaliteit van de membraanophanging.
- Electrische kwaliteitsfactor (Qe):
  De elektrische kwaliteitsfactor wordt bepaald door verliezen in de luidspreker, bijvoorbeeld door de verliezen van de spoel en de magneten.
- DC-weerstand (Re) Ohm:
  Dit is de gelijkstroomweerstand van de spoel, een waarde die absoluut niet verward mag worden met de wisselstroomweerstand (impedantie) van de spoel. Deze waarde wordt normaal opgegeven bij de eigenschappen van een luidspreker en is ongeveer 20 % hoger dan de DC-weerstand.
- Serieweerstand (Rs) Ohm:
  Deze parameter staat voor de elektrische verliezen door de luidsprekerkabel en door het filternetwerk. Zoals hierboven aangegeven, wordt hierdoor de elektrische kwaliteitsfactor en dus ook de totale kwaliteitsfactor aangepast.

**Overige parameters**
Afhankelijk van het soort behuizing zal het programma een groot aantal specifieke parameters opgegeven dan wel vragen. Het gaat te ver om deze in deze productbespreking allemaal te beschrijven. Toch zijn een aantal parameters zo interessant dat zij even worden uitgediept.

**De totale kwaliteitsfactor van een gesloten box**
De totale kwaliteitsfactor van een volledig gesloten box wordt Qcb genoemd en is gebaseerd op de kwaliteitsfactoren van de luidspreker en van de kast. Op grond van natuurkundige wetten moet de waarde van Qcb groter zijn dan de kwaliteitsfactoren van de luidsprekers!
De waarde die men in dit veld invult bepaalt in belangrijke mate de geluidsweergave van het systeem. Uiteraard is dit een kwestie van praktijkervaring en daar iemand die voor de eerste keer een luidsprekerbox berekent deze ervaring niet heeft worden nu een paar richtlijnen gegeven.
- Qcb = 0,5 wordt “kritisch gedempt” genoemd en geeft een zeer strakke maar dunne basklank. De resonantiefrequentie ligt bij -6 dB op de geluidsdrukcurve.
- Qcb = 0,7 vormt een compromis tussen een basrijke klank en een goede impulsweergave. De resonantiefrequentie ligt bij -3 dB op de geluidsdrukcurve.
- Qcb = 1 zorgt voor een rijke bas maar een matig impulsgedrag. De resonantiefrequentie ligt bij 0 dB op de geluidsdrukcurve.

- Qcb = 1,4 geeft een zeer rijke bas maar een slecht impulsgedrag. De resonantiefrequentie ligt bij +3 dB op de geluidsdrukcurve.
- Qcb = 2 zorgt voor een overdadige basklank en zeer slechte impulsweergave. De resonantiefrequentie ligt bij +6 dB op de geluidsdrukcurve.

**De resonantiefrequentie van de box**
De resonantiefrequentie van de box $f_{cb}$ is gebaseerd op de resonantiefrequentie van de luidspreker en van de kast. Op grond van natuurkundige wetten moet deze frequentie hoger zijn dan de resonantiefrequentie van de luidspreker. Kleine veranderingen in $f_{cb}$ hebben grote veranderingen in Qcb en Vb (kastvolume) tot gevolg!

**Het akoestisch volume en het netto volume**
Het akoestisch volume (Vab) is het volume dat door het programma wordt berekend. Door dempingsmaterialen als glaswol, steenwol, schapewol of gelijkwaardige produkten, wordt het effectieve volume van de kast vergroot. Oorzaak is de lagere geluidssnelheid in het dempingsmateriaal. De geluidssnelheid kan met een factor 1,4 afnemen in kasten die sterk gedempt zijn. Het programma houdt rekening met dit effect en veronderstelt een standaard vulfactor van 1,2. Het netto boxvolume (Vb) is het kastvolume gecorrigeerd met de vulfactor.

**Het "Efficiency Bandwith Product"**
De verhouding fs/Qt (EPB = Efficiency Bandwidth Product) bepaalt voor welk kasttype een bepaalde luidspreker geschikt is:
- EPB kleiner dan 50: transmissie lijn kast
- EPB 50 - 99: gesloten kast
- EPB 100 - 149: basreflex kast
- EPB 150 - 250: hoornsystemen

**De poortopening bij basreflex kasten**
Basreflex kasten worden gekenmerkt door een opening in de kast, die een belangrijke rol speelt bij de lage tonen weergave. Uiteraard in CAAD 3.0 in staat om de afmetingen van deze poort te berekenen. Het programma berekent een minimumwaarde voor de basreflex opening om vervormingen en windruis in de poortopening te vermijden.

**De Compound-kast**
Een compound-kast ontstaat door twee identieke luidsprekers rug aan rug in een kleine behuizing te monteren en door ze zodanig te schakelen dat wanneer het membraan van de ene luidspreker naar achter beweegt (push), tegelijkertijd het membraan van de andere naar voor uitslaat (pull). Vandaar dat een dergelijke kast ook wel eens een "push-pull box" wordt genoemd. Door de compoundtechniek kan het kastvolume aanzienlijk verminderd worden. Na de keuze van deze behuizing moet gekozen worden tussen een gesloten kast, basreflex kast of een bandfilter kast.

# Het berekenen van het scheidingsfilter

**Inleiding**
Uiteraard zal men in de meeste gevallen niet één luidspreker in de kast willen,

maar minstens twee. De kastgegevens worden echter uitsluitend door de basluidspreker bepaald en vandaar dat het tot nu toe niet belangrijk was om een middentoner en tweeter te selecteren. Natuurlijk heeft men de gegevens van deze luidsprekers wel nodig bij het berekenen van een scheidingsfilter.

### Het kiezen van midrangers en tweeters

Geschikte luidsprekers uit het Monacor-programma kan men via het menu "Bestand", selectie "Informatiebestanden", selectie "Luidsprekerunits" kiezen. Dit is een gewoon tekstbestand dat geopend wordt in de standaard teksteditor van Windows. Een tweede optie is om via het menu "Luidspreker" en de selectie "Selecteer luidspreker" uit twee lijstjes een middentoner en een tweeter te selecteren. Ook dan komt men weer in de luidspreker-editor en verschijnt een tabel met de gegevens van de geselecteerde luidspreker.

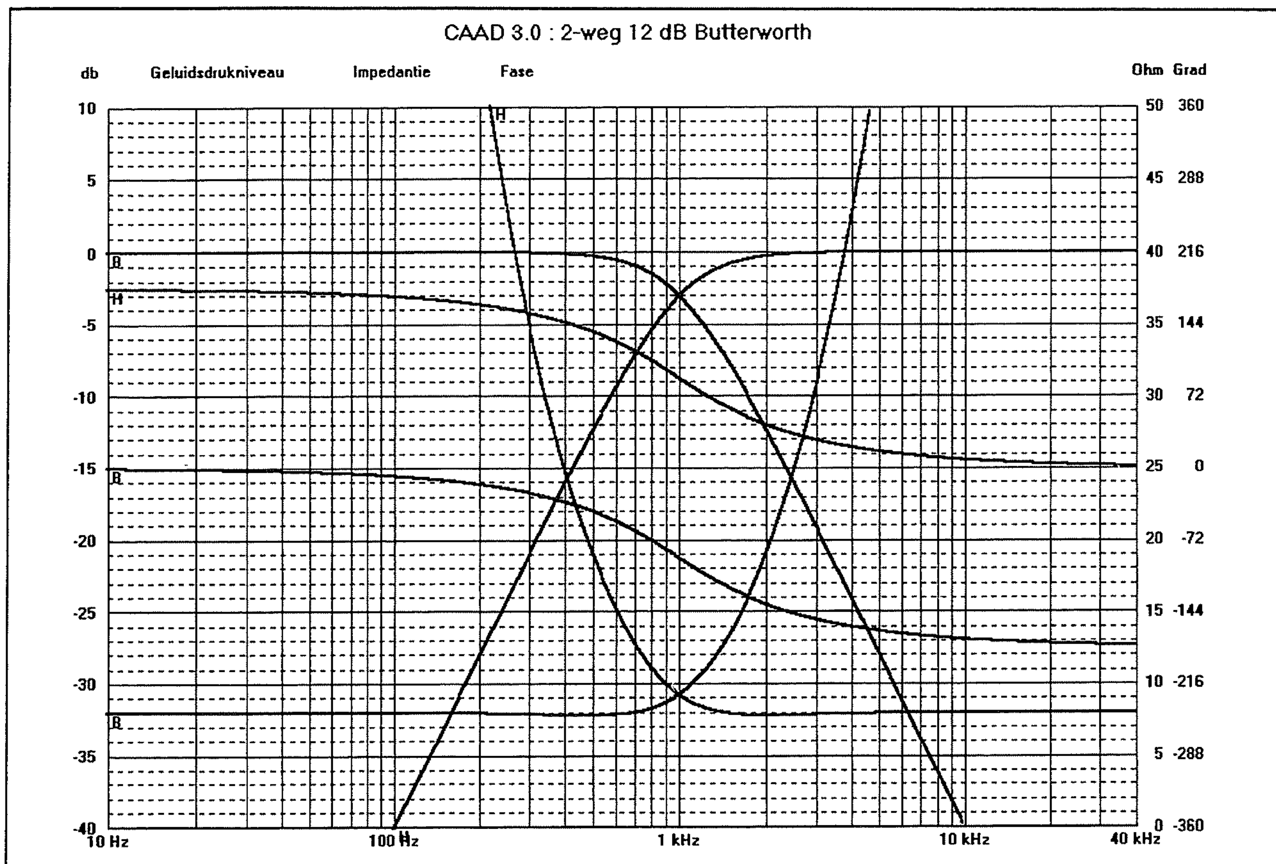
### Gegevens overnemen

Een groot manco van het programma is dat de relevante gegevens voor het berekenen van het scheidingsfilter niet automatisch worden overgenomen uit de gegevens van de geselecteerde luidsprekers.



**Figuur 3/8.9.8-6:** Het werkscherm van de filter-editor.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.8-7:** De berekende curves van een twee-weg Butterworth-filter met 12 dB steilheid.

Men zal dus de impedanties en de resonantiefrequenties van de geselecteerde luidsprekers eventjes moeten opschrijven, zodat deze in de filter-editor handmatig ingevoerd kunnen worden.

**Filterberekening**

CAAD 3.0 biedt de mogelijkheid wisselfilters van eerste tot vierde orde te berekenen en dit voor twee- tot vier-weg systemen. Het programma vraagt wat gegevens en berekent nadien de filtercomponenten. Men kan het schema van het geselecteerde filter met alle bouwstenen op het scherm oproepen en laten afdrukken. Bovendien kan men ook de te verwachten weergavecurve, de impedantiecurve en de fasekarakteristiek in een grafiek laten tekenen.

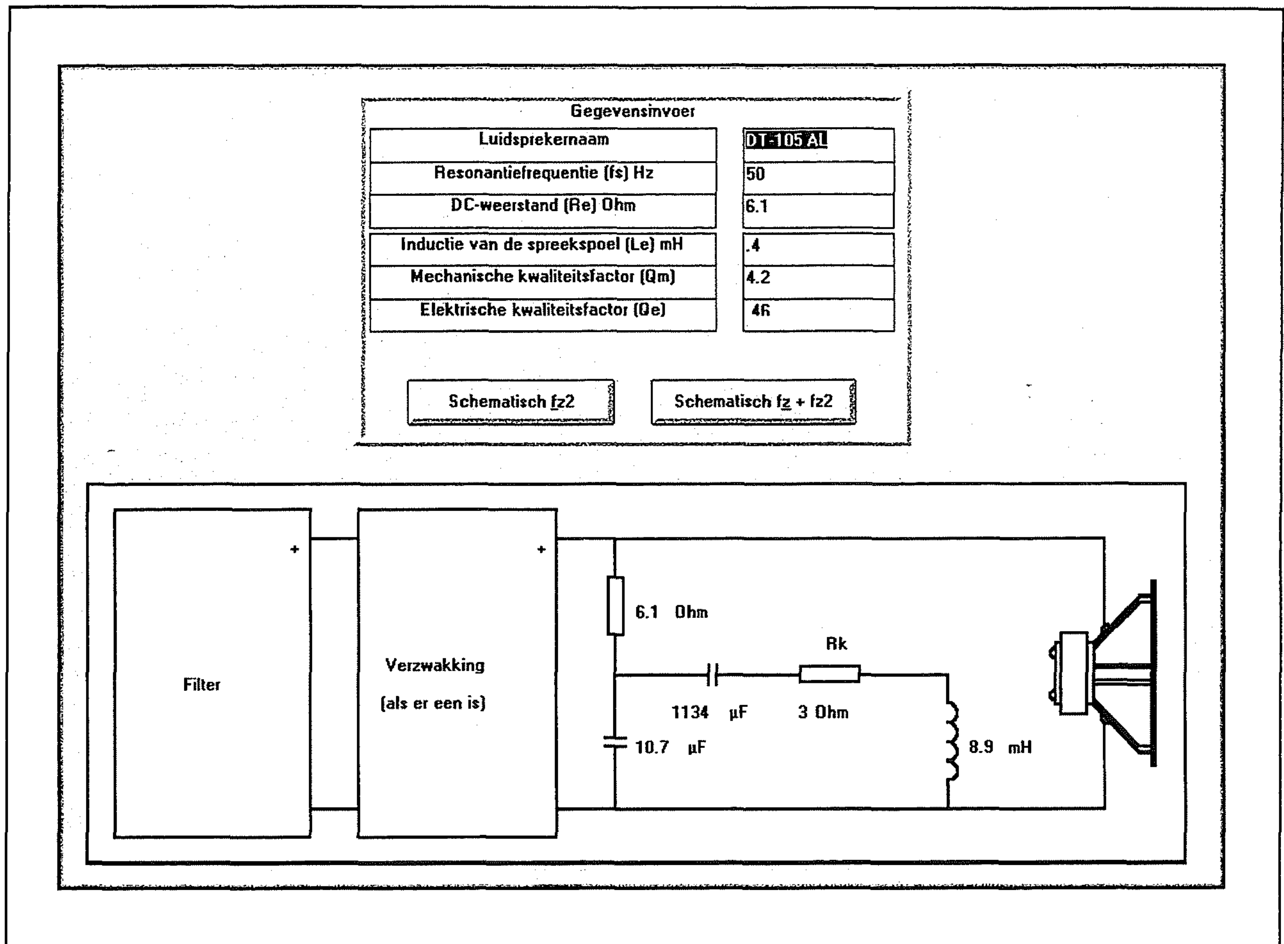
**De filter-editor**

Men belandt vanuit het hoofdvenster in de filter-editor door het menu "Filter" aan te klikken. Het werkvenster van figuur 3/8.9.8-6 verschijnt in beeld. Voor de keuze van het soort filter (eerste tot vierde orde, Butterworth of Linkwitz-Riley) klikt men op het linker pull down menu, voor de selectie van het netwerktype (twee- tot vier-weg) opent men het rechter pull down menu.

Afhankelijk van het aantal frequentiewegen moet men in het venster "Ingave gegevens" gegevens voor de kantelfrequenties en de luidsprekerimpedanties ingeven.

Daarna kan men het schema of de curves op het scherm oproepen, zie figuur 3/8.9.8-7.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.8-8:** Het berekenen van een egalisatie-netwerkje.

# Overige functies

## Inleiding

Naast het berekenen van kasten en scheidingsfilters kan men CAAD 3.0 ook nog voor twee belangrijke functies gebruiken:
- berekenen van verzwakkingen;
- berekenen van egalisaties.

## Verzwakkingen

Soms is het noodzakelijk luidsprekers met een hogere gevoeligheid aan te passen aan luidsprekers die een lagere gevoeligheid hebben. Deze aanpassing dient te gebeuren zonder dat de impedantie verandert. CAAD 3.0 kan een spanningsdeler berekenen met weerstanden die tussen het scheidingsfilter en de luidspreker geplaatst wordt. Als alternatief wordt een serieweerstand berekend waardoor echter de Qts van de luidspreker beïnvloed wordt. De noodzakelijke gegevens worden bepaald door de gewenste demping in dB en de nominale impedantie van de luidsprekers. Ook hier kan men het schema op het scherm oproepen en laten afdrukken.

## Egalisaties

Bij de berekening van scheidingsfilters wordt een gekende en constante impedantie over een bepaald frequentiegebied aangenomen. In de praktijk hebben luid-

sprekers echter nooit een constante impedantie. CAAD 3.0 heeft een optie waarmee men een impedantiecorrectie kan aanbrengen, waardoor de impedantie van de luidspreker min of meer constant blijft. Het extra netwerkje kan berekend worden voor compensatie van de stijgende impedantie bij stijgende frequentie (fz2 op basis van de spreekspoelinductie) als ook voor impedantie-egalisatie rond de luidsprekerresonantie. In het venster "Gegevensinvoer" (zie figuur 3/8.9.8-8) moet men de luidsprekernaam (niet relevant voor de berekening), de resonantiefrequentie van de luidspreker, de DC-weerstand, de inductie van de spreekspoel, de mechanische en de elektrische kwaliteitsfactor invoeren. Kies daarna de gewenste schakeling:

- egalisatie voor fz2;
- egalisatie voor fz + fz2.

# 3/8.9.9

# Schema's tekenen met Electronic Design 96

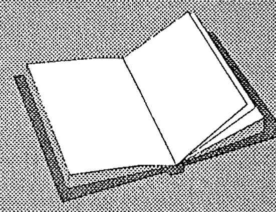
## Inleiding

**Schema's tekenen**
Schema's ontwerpen en tekenen is nog altijd de basis van iedere elektronica-activiteit. Het zal dan ook geen verbazing wekken dat er talloze programma's zijn ontwikkeld, waarmee men op een al dan niet eenvoudige manier elektronische schema's met de computer kan ontwerpen en tekenen. Echter, de meeste programma's zijn vrij prijzig en soms bijzonder moeilijk onder de knie te krijgen. Een logisch gevolg van de moordende concurrentie, waardoor de ontwerpers steeds meer functies en mogelijkheden in hun software inbouwen. Dat heeft één groot nadeel: iemand die niet dagelijks met dergelijke pakketten werkt, vergeet de helft en moet iedere keer opnieuw een ingewikkeld leerproces doorlopen! De doe-het-zelver, die maar af en toe een schemaatje wil tekenen, of de student die een verslag wil illustreren met mooi getekende schema's, kunnen dus bijzonder weinig met dergelijke professionele programma's beginnen.

**Een alternatief van *f* 50,00!**
Gelukkig bestaat er sinds kort "Electronic Design 96". Een door een Nederlander ontworpen programma, dat *f* 50,00 moet kosten en dat uitermate geschikt is voor het tekenen van niet al te ingewikkelde schemaatjes. "Electronic Design 96" is zelfs speciaal ontwikkeld met de hobbyist in het achterhoofd, die geen moederborden voor computers wil ontwerpen, maar eenvoudige schakelingetjes. Met dit programma is het mogelijk om op een heel eenvoudige manier voornamelijk analoge elektronische schema's te tekenen met voorgeprogrammeerde componenten en symbolen. Na vijf minuutjes stoeien met dit programma kan men aan de slag. Een uitgebreide bespreking van dit leuk en goedkoop stukje software is in dit naslagwerk dus zonder meer op zijn plaats.

**Eisen**
"Electronic design 96" stelt werkelijk verbazingwekkend minimale eisen aan het systeem:
- gelijk welke versie van MS-DOS na 3.1;
- een VGA-kaart met een resolutie van 640 x 480 pixels;

**LEES OOK:**
Hoofdstuk 3/8.9.2
Hoofdstuk 3/8.9.5



- een muis, die ook onder MS-DOS werkt.

Het programma is immers alleen met de muis te besturen. Wie gewend is onder Windows te werken zal dus weer een van die ouderwetse muis-drivers (MOUSE.COM of iets dergelijks) moeten installeren en laden.

**Pakket samenstelling**

Het programma bevat twaalf files, namelijk:

- E_DESIGN.EXE
  het hoofdprogramma
- E_DESIGN.CFG
  configuratie van de gemaakte instellingen
- E_DESIGN.ICO
  een voorbeeld Windows-icoon
- E_DESIGN.NED
  de Nederlandse help-informatie
- E_DESIGN.ENG
  de Engelse help-informatie
- COMPONEN.EDP
  een voorbeeld met alle beschikbare componenten
- SYMBOLEN.EDP
  een voorbeeld met alle beschikbare symbolen
- VOEDING.EDP
  een voorbeeld-schema van een voeding
- README.DOC
  een inleidende tekst over het programma
- FORM.DOC
  een formulier voor het registreren van het programma
- TECHLIST.DOC
  de technische woordenlijst
- VOEDING.PCX
  VOEDING.EDP onder de vorm van een geëxporteerd PCX-bestand

Deze files nemen alles bij elkaar minder dan 1 MB schijfruimte in beslag. Desnoods kan "Electronic Design 96" zelfs van een floppy opgestart worden.

**Mogelijkheden**

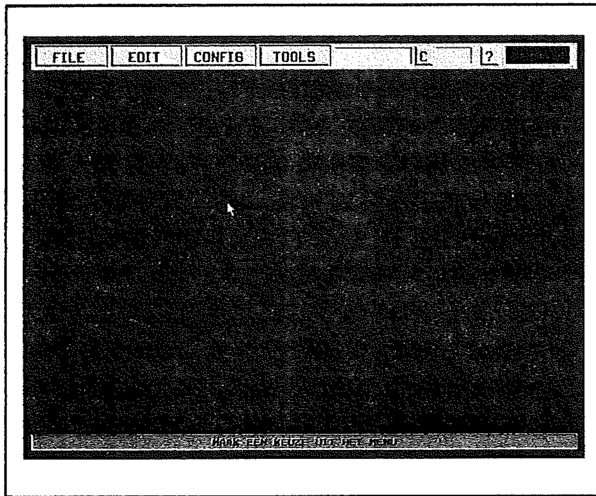
"Electronic design 96" biedt de onderstaande mogelijkheden:

- tweetalig, Nederlands of Engels;
- bibliotheken met de meest gebruikte componenten en symbolen;
- de componenten en symbolen kunnen in acht verschillende standen worden neergezet;
- bibliotheek met printbanen om printplaten te ontwerpen;
- volledig muisgestuurd;
- importeert Windows iconen;
- iconen tekenprogramma voor het ontwerpen van eigen componenten en symbolen of voor het aanpassen van Windows iconen;
- gebruik van maximaal 16 kleuren;
- export van de getekende schema's naar PCX-formaat;
- ingebouwde morse-code trainer;
- ingebouwde kleurcode-tabel voor weerstanden;
- bibliotheek van spanningsregelaars met layout en aansluitschema's;
- technische woordenlijst met onder andere afkortingen, formules, enz.;
- bibliotheek van NPN- en PNP-transistoren met hun aansluitschema's;
- uitvoer naar een laser- of naar een matrix-printer.

**Het werkscherm**

Na het opstarten van E_DESIGN.EXE belandt men vrijwel onmiddellijk in een zeer spartaans werkscherm, voorgesteld in figuur 3/8.9.9-1. Er zijn slechts vier menu's met daarnaast een vakje waarin de menukeuze die men heeft gemaakt wordt aangegeven, een vakje met de geselecteerde kleur en een vakje waarin de x- en y-

coördinaten van de muiscursor worden vermeld. De onderste regel is een meldregel, waarin het programma aangeeft wat men moet doen. De rest van het venster is het teken- of ontwerpvel, dat voorzien is van een raster. Dit raster is opgebouwd uit kleine bolletjes die zes pixels uit elkaar staan en moet helpen om onderdelen netjes naast elkaar of netjes onder elkaar te zetten. Jammer is dat de ontwerper in plaats van dit raster geen "snap"-functie heeft ingebouwd, waarmee men de cursor stapsgewijs over het scherm kan sturen.
Opmerkelijk is dat de opties in de menu's, ook na het selecteren van Nederlands als taal, toch in het Engels in de lijstjes blijven staan!




**Figuur 3/8.9.9-1:** Het werkvenster van "Electronic Design 96".

## Het menu "FILE"

**Load image**
Met deze optie wordt een bestaande tekening met de extensie .EDP, die eerder werd gesaved naar de harde schijf, weer geladen.

**Save as**
Bewaart een schema op de harde schijf met de extensie .EDP. Dit is een eigen bestandsformaat van het programma, dat niet bruikbaar is in andere programma's.

**Del image**
Met deze knop kan een tekening die men eerder heeft geladen, van de schijf verwijderd worden.

**New**
Is het getekende schema niet helemaal naar wens, dan kan met "New" het scherm weer worden schoongemaakt.

**Save pcx**
Alleen in de geregistreerde versie kan het getekende schema als een .PCX-bestand worden gesaved. Dit bestand is nadien in ieder grafisch tekenprogramma te laden en kan eventueel verder bewerkt worden of geprint op de standaard printer.

**Print**
In de geregistreerde versie kan de gemaakte tekening op verschillende manieren worden geprint, zoals op laserprinters met HP-emulatie en op Epson matrix-printers. Het nadeel van ieder MS-DOS programma is natuurlijk dat er voor ieder programma een eigen printerdriver moet worden geladen. Nu biedt "Electronic Design 96" helaas alleen maar de twee genoemde keuzes, de moderne inkjet-printers zijn er niet bij. Dat hoeft echter geen probleem te zijn omdat men de gemaakte schema's immers steeds als PCX-tekening kan wegschrijven en via een grafisch programma afdrukken op iedere printer die door dat grafisch programma ondersteund wordt.
Bij het printen worden alle kleuren geprint, behalve het zwart en het donker-

grijs van het raster in het venster. Dat is immers alleen een hulp om het tekenen te veraangenamen.

**Load icon**
Windows-iconen kunnen hiermee worden geladen om nadien in het schema dat wordt getekend te worden toegepast. Deze icons zijn standaard 32 bij 32 pixels groot. Behalve Windows-iconen kan men ook zélf ontworpen symbolen of componenten, die als .ICO-file zijn gesaved, via deze optie gebruiken.

**Help**
Hiermee wordt een venstertje geopend, waarin een doorlopende help-tekst verschijnt over de functies van het programma.

**Exit**
Om het programma weer te verlaten moet men gebruik maken van deze en tevens laatste menuknop van het "FILE"-menu.

# Het menu "EDIT"

**Point**
Met deze optie kan men een open cirkeltje (een in- of uitgang) of een gevuld cirkeltje (een verbindingspunt tussen twee lijnen) plaatsen in het schema. Met de linker muisknop wordt een gesloten punt gezet en met de rechter muisknop een open punt.
Na het aanklikken van deze optie verandert de muiscursor in het symbooltje dat is weergegeven in figuur 3/8.9.9-2 naast de diode. Door deze speciale vorm kan men de punt exact positioneren op het snijpunt van twee lijntjes in het schema.

**Free hand**
Met deze menu-functie kan uit de vrije hand worden getekend. De lijn wordt getekend door het indrukken van de linker muisknop. Via de rechter muisknop gaat men terug naar het menu.

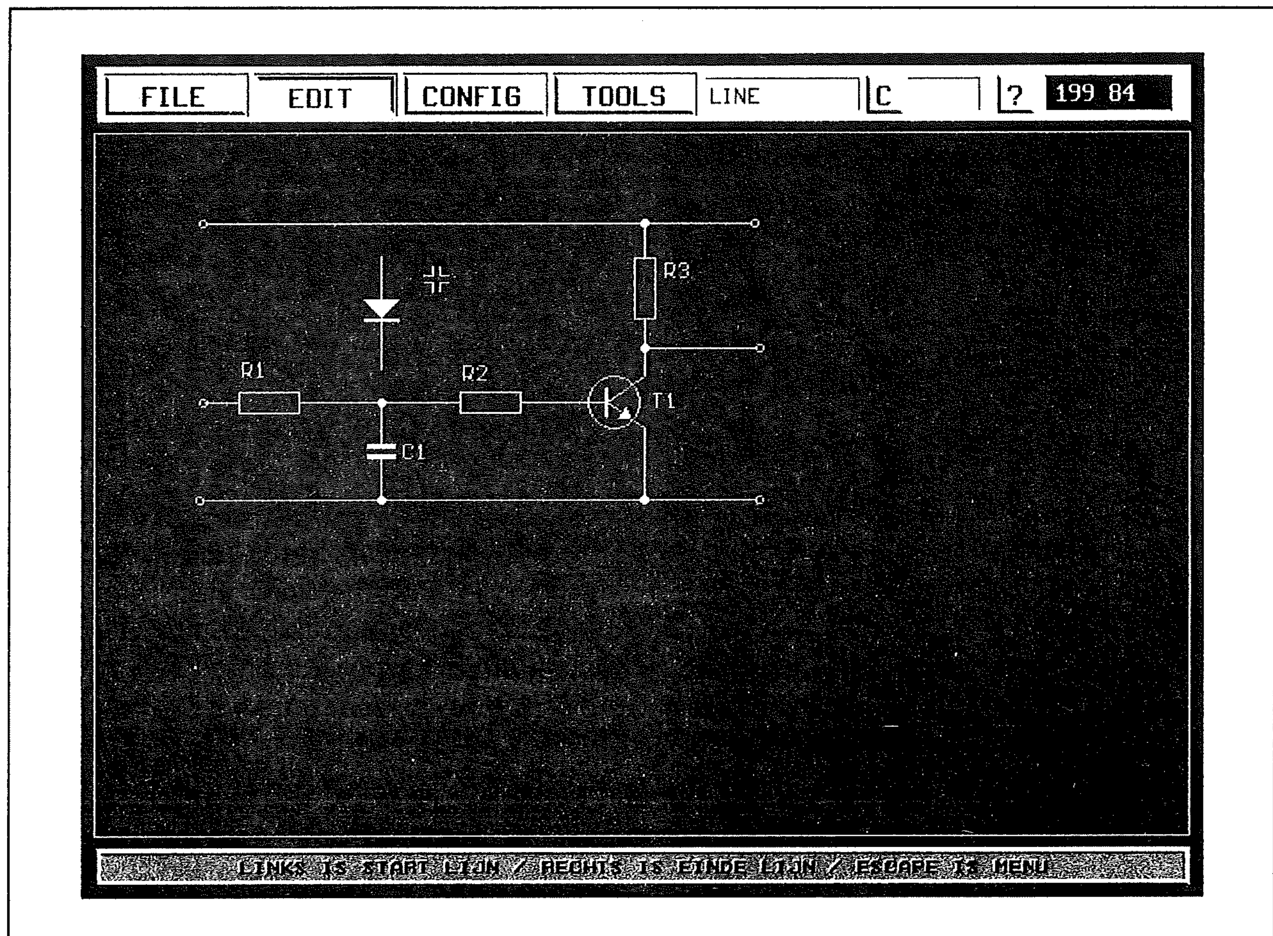
**Line**
Met deze optie tekent men de verbindingslijnen tussen de onderdelen in het schema. Om rechte lijnen te tekenen kan met de linker muisknop het beginpunt worden gezet en met de rechter het eind van de lijn worden bepaald. Ook nu verschijnt weer de cursor van figuur 3/8.9.9-2 in beeld, zodat ook de lijn zeer nauwkeurig op bijvoorbeeld het aansluitdraadje van een weerstand kan worden aangesloten. Om weer terug te keren naar het menu drukt men op de "Escape"-toets.

**Rectangle**
Om rechthoeken te tekenen gaat men te werk zoals bij het tekenen van lijnen. De linker muisknop bepaalt de linker bovenhoek van de rechthoek, nadien trekt men de op het scherm verschijnende rechthoek tot de juiste afmetingen zijn bereikt, de rechter muisknop zet de rechthoek definitief op het scherm.

**Ellipse**
Voor cirkels en ellipsen gaat men op dezelfde manier te werk. Er wordt wel eerst een rechthoek getekend, na het indrukken van de rechter muisknop wordt de ellips of cirkel getekend.

**Spray**
Om een soort van graffiti-effect te maken kan de "spray"-functie worden gebruikt. Dit heeft natuurlijk weinig met het tekenen van schema's te maken, maar is soms toch wel handig.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.9-2:** De vorm van de muiscursor bij het plaatsen van verbindingspunten en bij het tekenen van lijnen.

**Fill**
Om een vlak op te vullen met een kleur kan met de functie "Fill" op verschillende manieren gewerkt worden. Men heeft de keuze uit 27 rasters en 15 kleuren die van te voren wordt gekozen met de functie "Grid size" en met het "kleurkeuze"-menu, zie later.

**Eraser**
Om een verkeerd geplaatste lijn of component te verwijderen kan men dit "gummetje" gebruiken. De grootte kan worden ingesteld met "Eraser size" in het "CONFIG"-menu.

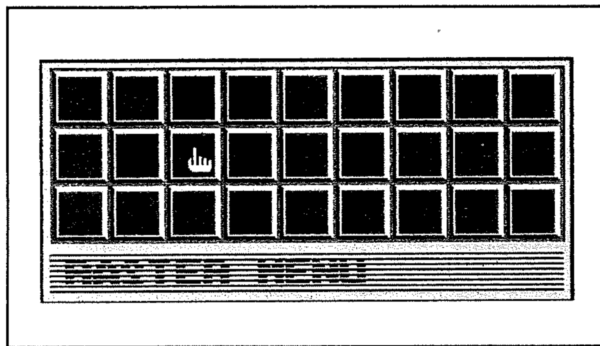
**Text**
Met deze optie kan men een tekst op het scherm plaatsen. De tekst kan op drie verschillende groottes worden neergezet, namelijk:
- "small" (8 x 8 pixels per letter);
- "middle" (10 x 10 pixels per letter);
- "big" (12 x 12 pixels per letter).

De kleur waar deze tekst in wordt geplaatst staat afgebeeld in het "Tekst"-venster waarin men de tekst invult. Jammer is, dat men voor iedere nieuwe tekst deze procedure moet herhalen. Wil men bijvoorbeeld achter elkaar alle weerstanden in het schema benoemen met R1 tot en met

R13, dan zou het handig zijn als deze functie een automatische doornummering had.

# Het menu “CONFIG”

**Grid size**
Met deze optie kan men het vulpatroon voor de functie “Fill” selecteren uit 27 verschillende rasters, zie figuur 3/8.9.9-3.



**Figuur 3/8.9.9-3:** Het selecteren van het vulpatroon voor het “Fill”-werktuig.

**Eraser size**
Met deze optie kan men de grootte van het gummetje instellen, de grootte is instelbaar van 5 x 5 tot 19 x 19 pixels.

**Line size**
Instellen van het soort lijn, er kan keuze worden gemaakt uit acht lijntypen:
- dunne ononderbroken lijn;
- dunne lijn bestaande uit puntjes;
- dunne lijn bestaande uit puntjes en streepjes;
- dunne lijn uit streepjes;
- dikke ononderbroken lijn;
- dikke lijn bestaande uit puntjes;
- dikke lijn uit puntjes en streepjes;
- dikke lijn uit streepjes.

**Text size**
Hiermee kan men de tekst-grootte kiezen uit de drie formaten die zijn beschreven.

**Printer**
Voor de uitvoer naar een printer kan worden gekozen uit een HP laser-printer of een Epson matrix-printer.

**Dutch**
Alle teksten (behalve in de menu's!) worden in de Nederlandse taal weergegeven.

**English**
Overschakeling naar de Engelse taal.

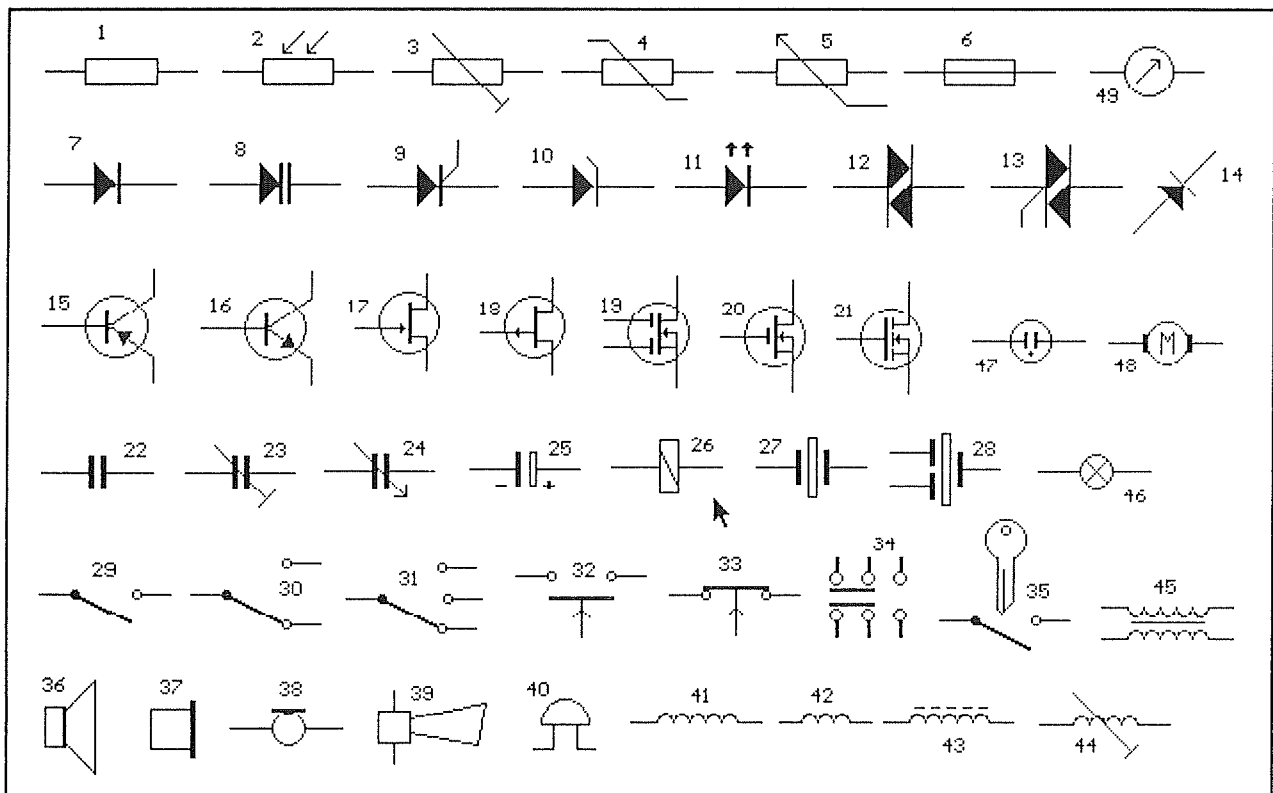
**Save cfg**
Alle gemaakte instellingen worden bewaard naar het bestand E_DESIGN.CFG. Bij een volgende opstart worden alle gemaakte instellingen meteen weer actief.

# Het menu “TOOLS”

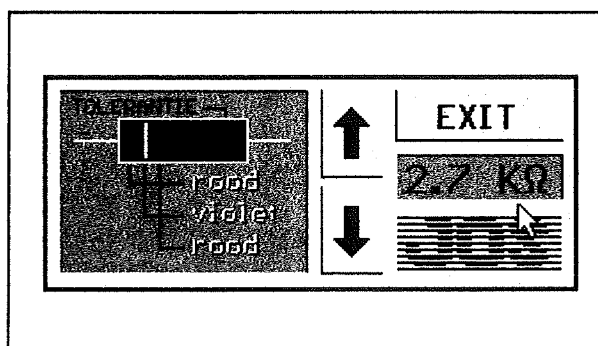
**Inleiding**
Dit is het laatste, maar ook het belangrijkste menu. Via dit menu kan men de beschikbare componenten en symbolen selecteren en zo het schema tekenen. Daarnaast krijgt men via dit menu toegang tot de soms handige en soms tamelijk overbodige extra opties, die de programmeur in het programma heeft verwerkt.

**E-12 code**
Na aanklikken van deze optie verschijnt een klein venstertje, zie figuur 3/8.9.9-4, in beeld waarin men de kleurencode kan opzoeken van weerstanden uit de E-12 reeks. Door op de pijlknoppen te drukken worden de kleuren en de waarde veranderd. Het bereik gaat van 1 Ω tot 8,2 MΩ.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.9-5:** Een overzicht van alle beschikbare componenten.




**Figuur 3/8.9.9-4:** Het venstertje van de "E-12 code" optie.

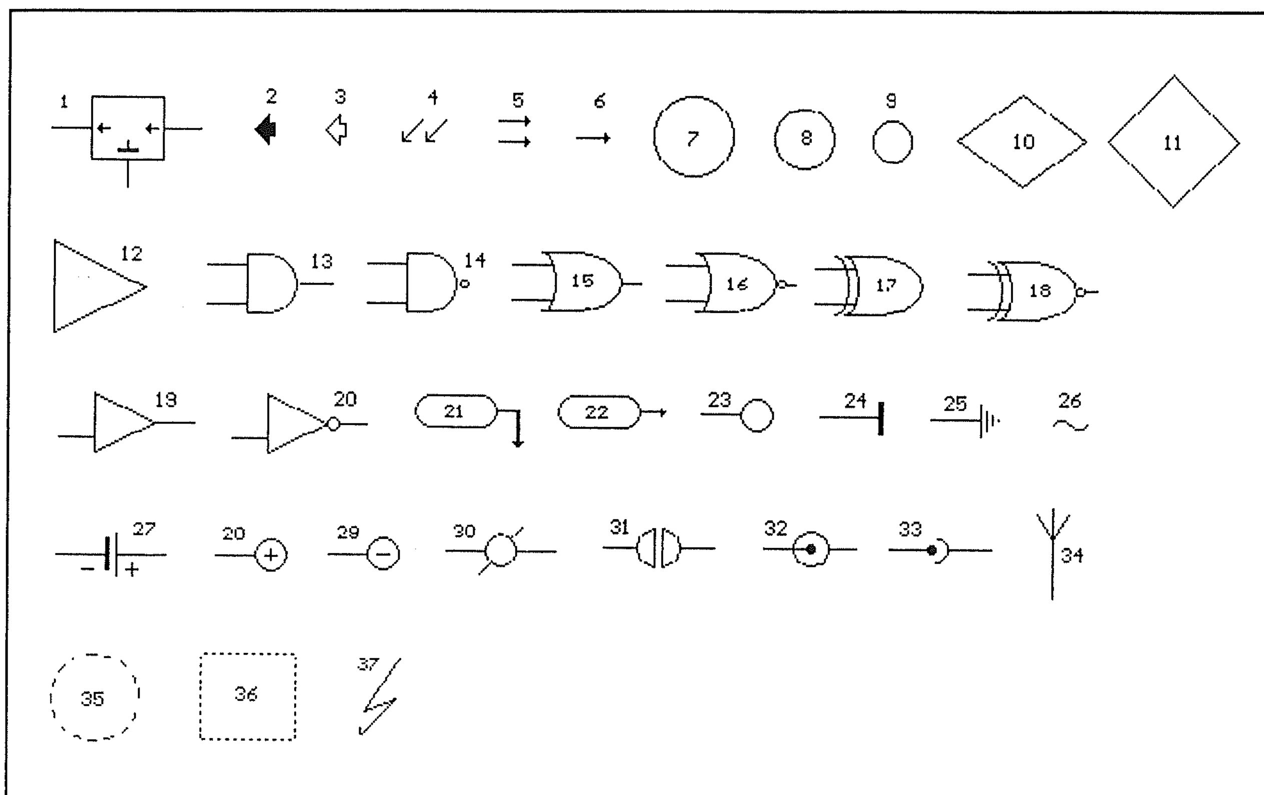
## Component

Onder deze optie staat het belangrijkste dat dit programma te bieden heeft! Men heeft de keuze uit de 49 elektronische componenten die in figuur 3/8.9.9-5 worden voorgesteld. Alle componenten kunnen op acht verschillende standen worden geprojecteerd, dank zij de knoppen "Rotate" en "Mirror" van het venstertje van figuur 3/8.9.9-6. Met de pijltjesknoppen kan men het lijstje met symbolen doorlopen. Na druk op "OK" wordt het geselecteerde component actief. De cursor geeft nu de vorm van het component weer, zodat dit nauwkeurig op de gewenste plaats gezet kan worden. Na een druk op de linker muisknop wordt het onderdeel echt getekend. Nadien blijft het onderdeel actief, zodat men in één arbeidsgang bijvoorbeeld alle horizontale weerstanden kan plaatsen. Na druk op de rechter muisknop wordt het onderdeel gedeactiveerd en kan men iets nieuws selecteren.

## Symbol

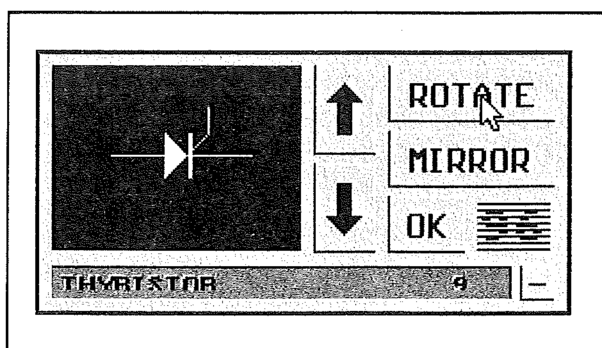
Om de een of andere reden heeft de ontwerper een onderscheid gemaakt tussen "Componenten" en "Symbolen".

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.9-7:** Een overzicht van de beschikbare symbolen.

Zoals uit het overzicht van figuur 3/8.9.9-7 blijkt, zitten er in deze bibliotheek in feite ook figuurtjes die net zo goed "Component" kunnen worden genoemd. Hoe dan ook, hier geldt eigenlijk hetzelfde als voor de componenten, maar dan met 37 symbolen voor electronische schema's.




**Figuur 3/8.9.9-6:** Het venstertje waarin men de onderdelen kan selecteren, draaien en spiegelen.

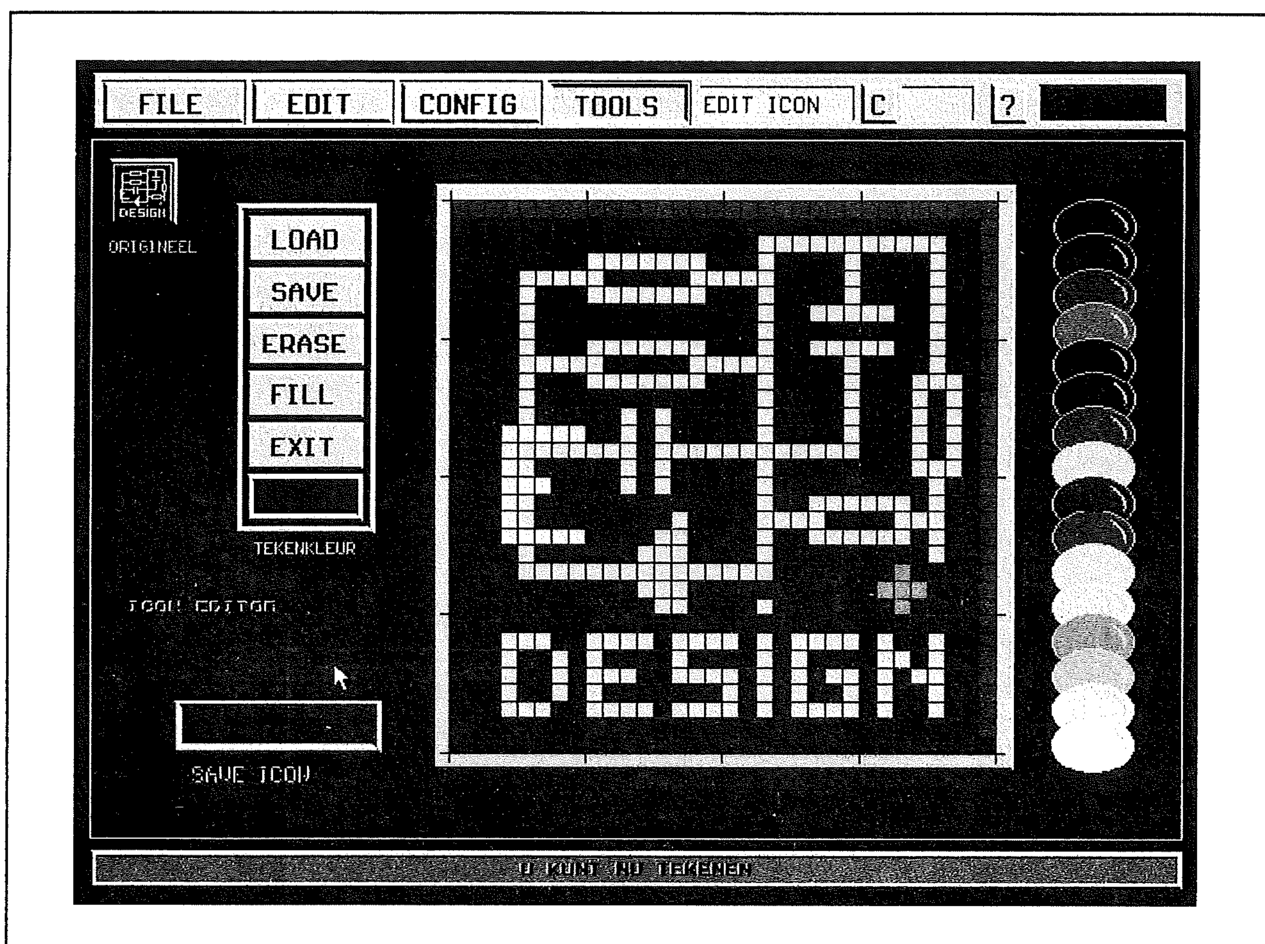
**Layout**

Om een ontwerp voor een printplaat te kunnen maken kan men via deze optie kiezen uit een aantal rechte printbanen, rechte en afgeronde hoeken, soldeereilandjes en samengestelde printstructuren, zoals DIL-8 printsymbolen. Ook deze kunnen gedraaid en geroteerd worden. De bruikbaarheid van dit programma voor het ontwerpen van printen is echter nihil. Er is geen mogelijkheid om een geijkte lineaal in te stellen en voor het tekenen van een print moet men natuurlijk op 1/10 inch kunnen "snappen". De elementen uit dit menu kunnen wél goed gebruikt worden voor het tekenen van dikke bus-leidingen in een schema.

**Display**

Met deze optie kan men een afbeelding plaatsen van een zeven-segment display.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.9-8:** Met deze "Edit icon"-functie kan men eigen componenten en symbolen ontwerpen.

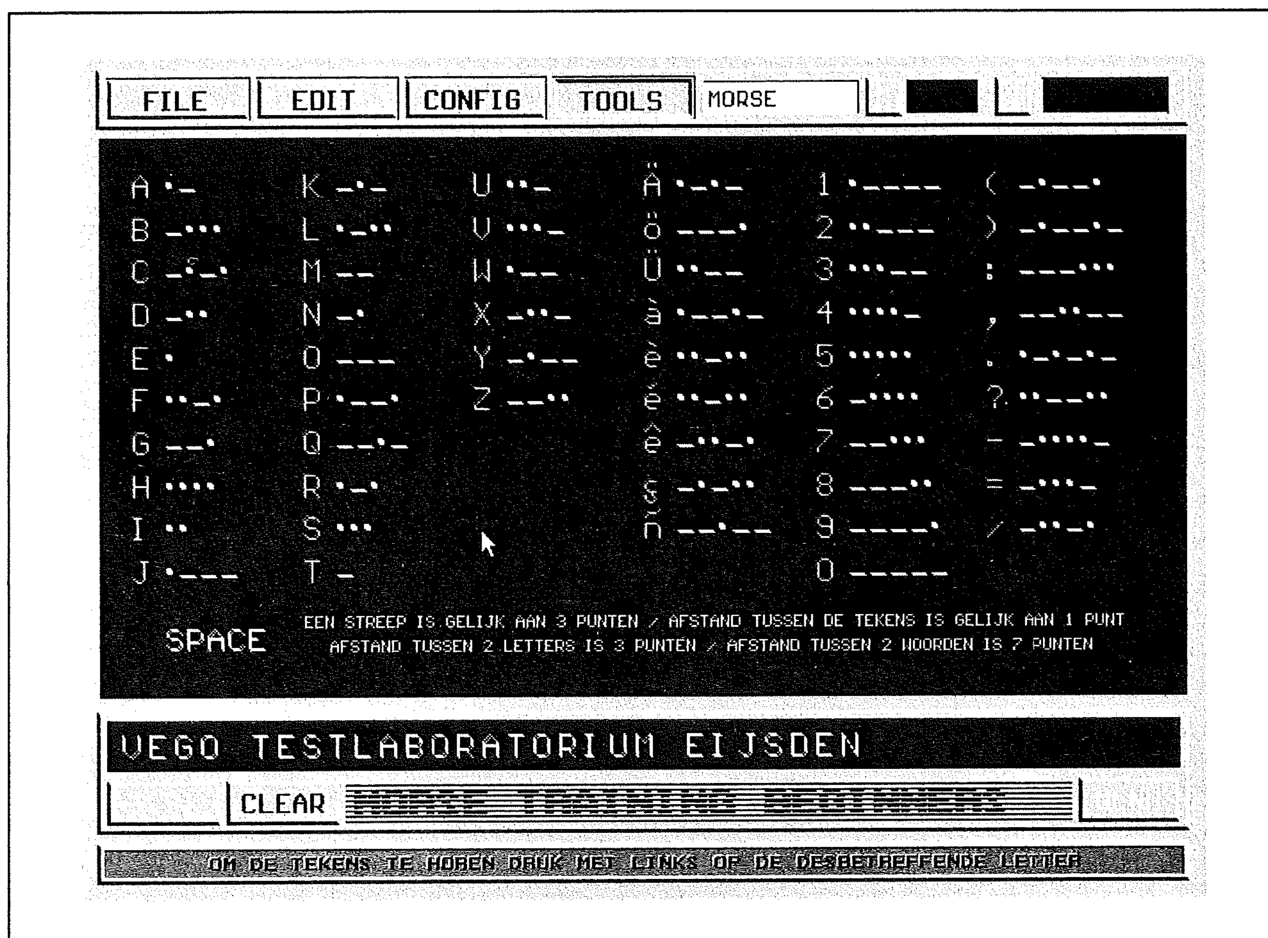
## Edit ic

Als men een afbeelding van een DIL-IC nodig heeft is deze optie ideaal. Na het aanklikken van deze optie verschijnt een rechthoek op het scherm die vergroot of verkleind kan worden. Hoe groter de rechthoek, hoe meer pennetjes het IC krijgt. Dit aantal is rechts boven in beeld te zien en loopt van 6-pens tot 40-pens. Helaas is het niet mogelijk de IC's te roteren, hetgeen toch wel een grote beperking van deze functie genoemd mag worden.

## Edit icon

Een heel krachtige functie, want hiermee kan men eigen componenten en symbolen ontwerpen. In feite biedt deze functie, zie figuur 3/8.9.9-8, niets meer of minder dan een icoon-editor.
In dit werkvenster kan men de bekende Windows-iconen ontwerpen en daarna saven naar de harde schijf als .ICO-file. Deze kunnen nadien weer geladen worden via het menu "FILE", optie "Load icon" en in het schema geplaatst.
Het maximale tekenvlak is echter slechts 32 bij 32 pixels groot, hetgeen de maximale afmetingen van nieuw te ontwerpen symbolen of onderdelen nogal beperkt. In de praktijk komt dit er op neer dat deze iconen niet groter zijn dan de standaard weerstand uit het programma. Jammer! Dubbel zo groot was ideaal geweest!

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.9-9:** De morse-trainer, waarmee men teksten kan omzetten in morse-code.

## Morse

Een functie die werkelijk niets met het tekenen van schema's te maken heeft, maar wel grappig is: een morse-generator. In het venster verschijnt, zie figuur 3/8.9.9-9, een overzicht van alle morse-codes. Klikt men op een letter/cijfer, dan zal de PC-luidspreker de code uitzenden. Door het aanklikken van letters kan men bovendien in de onderste regel een boodschap samenstellen. Klikt men op "TEST", dan zal de gehele mededeling in morse-code via de PC-speaker hoorbaar worden.

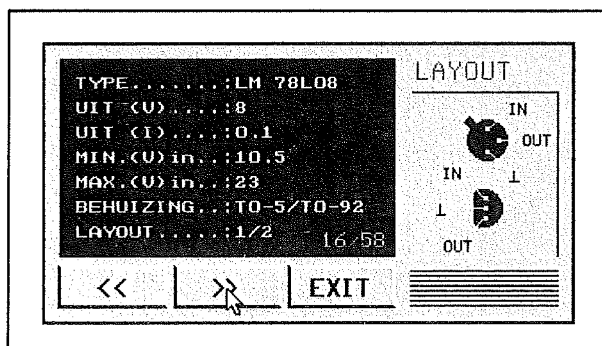
## Tech.list

Deze optie geeft een venstertje met een technische woordenlijst met afkortingen, formules en handige wetenswaardigheden op het gebied van de elektronica en de techniek:

- afkortingen;
- indeling radiogolven;
- elementen en hun symbolen;
- lengtematen;
- vlaktematen;
- inhoudsmaten;
- gewichten;
- papierformaten;
- Europese codering voor halfgeleiders;
- vervangingsweerstanden;
- internationaal alfabet voor het spellen van namen;
- Romeinse cijfers;
- toonschaal frequenties;

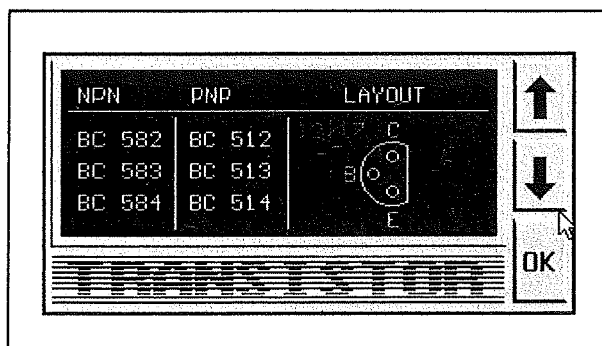
- wet van Ohm.

**Volt.regu.**
Dit menu zet 58 verschillende spanningsregelaars in het venstertje van figuur 3/8.9.9-10 met hun aansluitschema's en specificaties.




**Figuur 3/8.9.9-10:** De optie "Volt.regu." geeft een overzicht van de meest toegepaste stabilisatoren met hun aansluitgegevens en specificaties.

**NPN-PNP**
Als laatste optie uit het menu "TOOLS" kan men de aansluitgegevens van een heleboel Europese transistoren in het venstertje van figuur 3/8.9.9-11 bekijken.




**Figuur 3/8.9.9-11:** Via de optie "NPN-PNP" krijgt men toegang tot de aansluitgegevens van een honderdtal Europese transistoren.

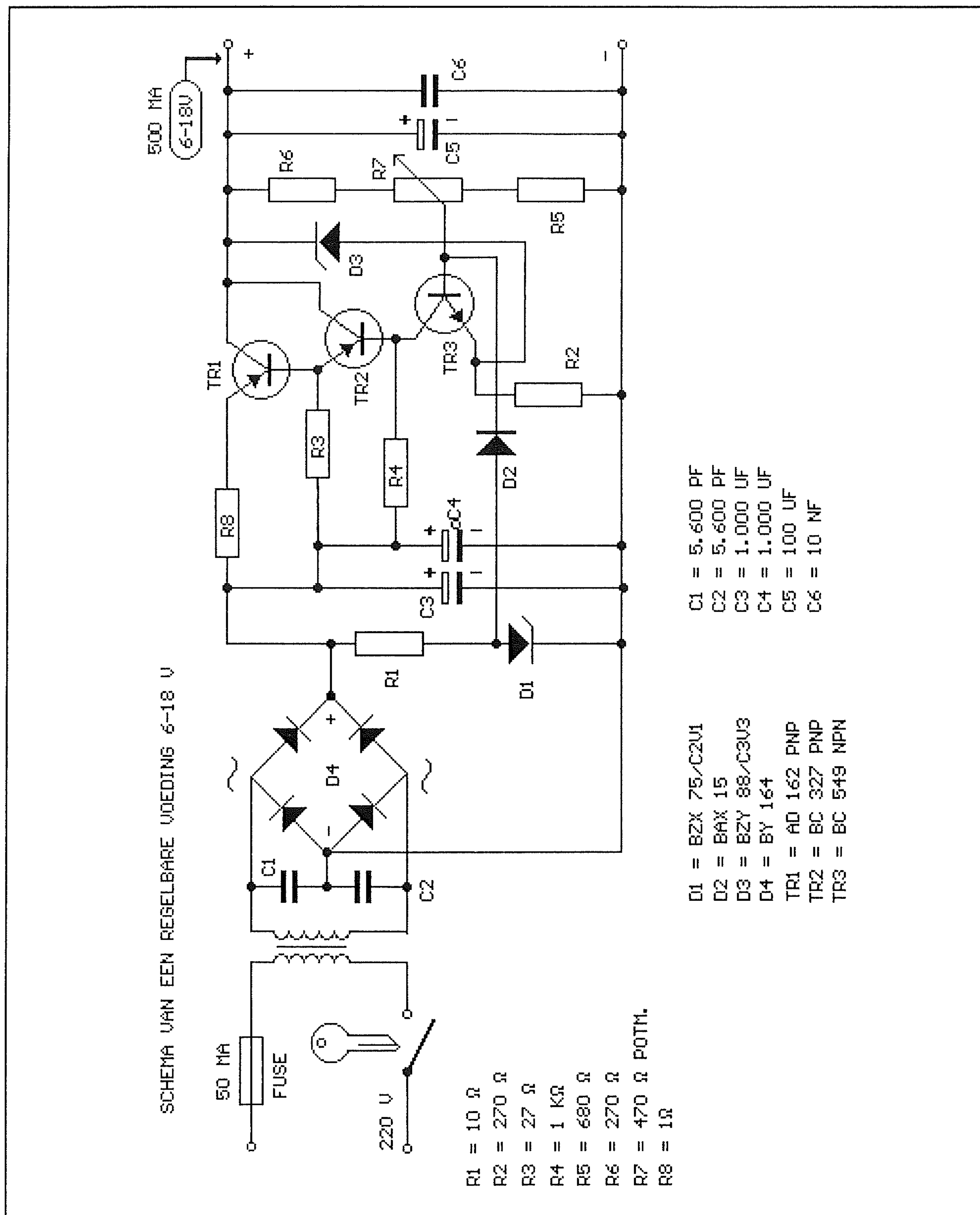
# Voorbeelden

**Hoe werkt het in de praktijk?**
Tot slot van deze bespreking zijn in de figuren 3/8.9.9-12 en -13 twee voorbeelden gegeven van respectievelijk een schema en een componentenopstelling van een print, die met "Electronic Design 96" zijn gemaakt. Voor de componentenopstelling zijn wel een groot aantal symbolen zélf gemaakt middels de icoon editor.

# Nadere gegevens

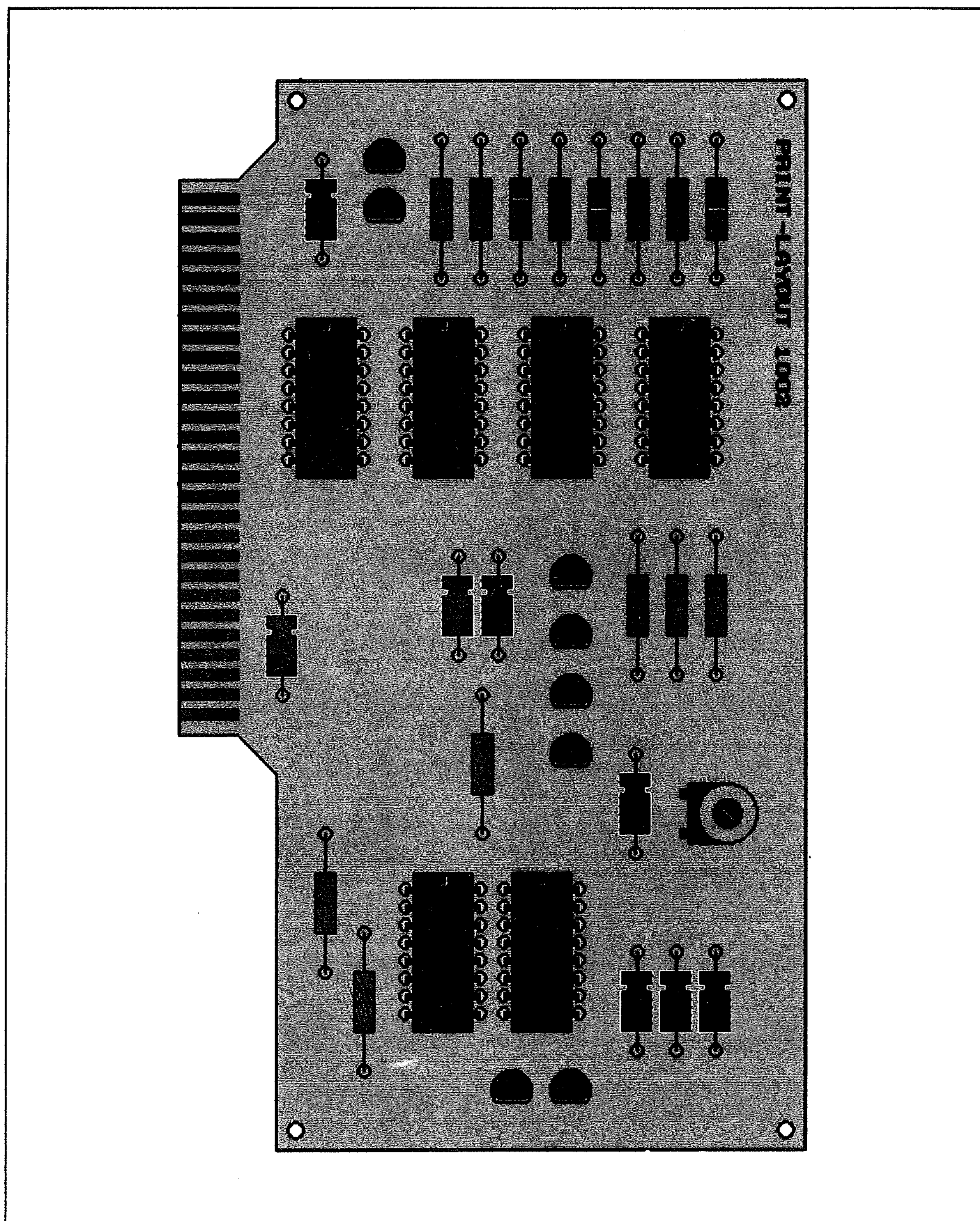
Het programma "Electronic Design 96" werd ontwikkeld door:
Jos Dickmann
Leliestraat 67
7004 CP Doetinchem
Tel: 0314-326821
E-mail: j.w.j.dickmann@universal.nl
De volledige versie van het programma is op dat adres te bestellen voor *f* 50,00 plus *f* 5,00 verzendingskosten.

## 8.9 Software voor de ontwerper




**Figuur 3/8.9.9-12:** Het schema van een gestabiliseerde voeding, volledig getekend met "Electronic Design 96".

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.9-13:** De componentenopstelling van een print, ontworpen met "Electronic Design 96".

## 8.9 Software voor de ontwerper

# 3/8.9.10

# Data verzamelen via "Infofax"-systemen

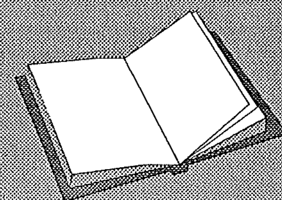
## Inleiding

**Software op afstand**
Het onderwerp van dit hoofdstuk wringt zich met moeite in de titel "Software voor de ontwerper". Om met Infofaxen te kunnen werken heeft men immers zélf geen software nodig. Men kan, via de telefoon/fax-combinatie, toegang krijgen tot computergestuurde informatie-systemen, die natuurlijk wel werken dank zij de aanwezigheid van software aan de ontvangende kant. Er komt dus toch software bij kijken, al merkt de gebruiker/ster daar erg weinig van.

**Het systeem**
De moderne techniek maakt het mogelijk om via een fax een andere fax aan te roepen en deze opdracht te geven een bepaald document over te zenden. Deze technologie wordt in de meeste gevallen *"Infofax"* genoemd en er zijn reeds veel bedrijven die daar gebruik van maken. Het voordeel is duidelijk: het computergestuurd systeem staat dag en nacht paraat en kan volledig onbemand zijn werk doen. Bovendien staan de gevraagde gegevens veel sneller op papier dan mogelijk is via het Internet. Een nadeel van het systeem is natuurlijk wél dat men precies moet weten wat men zoekt en de fax-code van het gezochte moet kennen.

**Elektronische data opvragen**
Diverse leveranciers van elektronische componenten maken gebruik van een dergelijk "Infofax"-systeem. Hewel deze systemen in eerste instantie zijn opgezet voor de professionele ontwerper, let niemand uiteraard de doe-het-zelver er gebruik van te maken. Toegangscodes zijn niet vereist, het enige dat men betaalt zijn de PTT-kosten. Natuurlijk heeft men een fax nodig, maar tegenwoordig worden deze handige apparaten steeds meer, meestal in combinatie met een telefoon, in de Nederlandse huishoudens aangetroffen. Dergelijke gecombineerde apparaten zijn zelfs ideaal om er de "Infofax"-systemen mee aan te roepen!

**LEES OOK:**
Geen verwijzingen



# "Fax-Infotheek" van Conrad Electronic

**Ook in Nederland**
Het grote Duitse postorderbedrijf van elektronische onderdelen, Conrad Electronic, heeft in zijn hoofdkantoor in Duitsland al twee jaar een dergelijk systeem geïnstalleerd.
Nu is dit systeem echter ook in Nederland onder de naam "Fax-Infotheek" beschikbaar, zodat de telefoonkosten aanmerkelijk lager liggen.

**De werking**
De Infofax van Conrad Electronic is beschikbaar onder het nummer:
**053-428.23.59.**
Men moet dit nummer intoetsen met de telefoon en niet met de fax, want het systeem werkt met een elektronisch gegenereerde antwoordstem. Nadat men verbinding met de computer heeft gemaakt meldt deze stem zich met een inleidend verhaaltje over de werking van het systeem. Dank zij deze beschrijving moet men hier echter niet naar luisteren. Het volstaat een willekeurige toets op de telefoon in te drukken. Na enige seconden hoort men een pieptoontje. Nu moet men, alweer via het toetsenbord van de telefoon, een zescijferige code intoetsen van het product waarover men informatie wil. Die code bestaat uit de zes eerste cijfers van de bestelcode van het product uit de Conrad-catalogus. Het kan uiteraard voorkomen dat van het product geen informatie beschikbaar is. De elektroniche stem meldt dit, na een tweede pieptoon kan men een nieuwe code intoetsen. Is er wel informatie in de computer aanwezig, dan heeft men de mogelijkheid een nieuwe code in te toetsen van een tweede artikel waarover men informatie wil ontvangen. Na een derde piep drukt men op de "START"-knop van de fax en legt de telefoonhoorn op de haak.

**Overzichten**
Toetst men als code 5000000 in, dan ontvangt men een vijf pagina's lang document met alle codes van alle artikelen die in de data-base aanwezig zijn, zie figuur 3/8.9.10-1. Tevens wordt vermeld uit hoeveel pagina's een document bestaat en of de taal Duits dan wel Engels is.
Op dit moment zijn er van ongeveer 450 artikelen documenten op te vragen, met lengtes van 1 tot 30 pagina's. In de meeste gevallen verzendt men de originele datasheet's van de fabrikant van het product, hoewel er ook gegevens beschikbaar zijn die door Conrad zélf zijn samengesteld.

# Infofax van Analog Devices

**European Headquarters**
Analog Devices heeft in zijn "European Headquarters" in Duitsland een Infofax-systeem geïnstalleerd, waarmee het mogelijk is á la minute data-sheet's van geïntegreerde schakelingen per fax op te vragen. Hoewel nog niet alle gegevens van alle producten van deze fabrikant op deze manier beschikbaar zijn, bevat de fax databank op dit moment reeds honderden IC's.

**Werking**
Het "Infofax"-systeem van Analog Devices is het gebruikersvriendelijkste dat er bestaat.

**8.9 Software voor de ontwerper**

DATASHEETS VAKTIPS

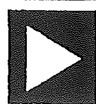
# FAX - INFOTHEEK

| Nummer | Pag | Omschrijving | Taal | Nummer | Pag | Omschrijving | Taal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 02 10 | 12 | 2816 | e | 18 41 79 | 10 | 4N35 | e |
| 16 22 80 | 4 | 1 N 4148 | e | 18 67 67 | 5 | 74HC04 | e |
| 16 22 99 | 3 | 1 N 4151 | e | 16 42 32 | 8 | 74HC14 | e |
| 16 23 29 | 3 | 1 N 4154 | e | 16 08 73 | 8 | 93C06/46 | e |
| 16 33 25 | 5 | 2 N 3819 | e | 16 03 50 | 14 | 93CS56 | e |
| 16 36 43 | 6 | 2 N 4416 | e | 14 91 95 | 4 | A 210 K | d |
| 16 09 62 | 15 | 24C02 | e | 17 49 12 | 8 | AD 592 | e |
| 16 09 38 | 14 | 24C04 | e | 17 47 69 | 8 | AD 654 | |
| 16 09 03 | 16 | 24C08 | e | 17 63 62 | 12 | AD 670 | |
| 16 09 97 | 15 | 24C16 | e | 14 09 10 | 4 | BAL 74 (SMD) | e |
| 16 20 51 | 8 | 27C128 | e | 14 08 30 | 4 | BAS 16 (SMD) | e |
| 16 13 81 | 8 | 27C512 | e | 14 08 48 | 4 | BAS 19/20/21 (SMD) | e |
| 16 13 57 | 8 | 27C64 | e | 15 30 36 | 4 | BAT 41 | e |
| 16 67 40 | 16 | 28C256 | e | 15 30 10 | 4 | BAT 43 | e |
| 16 03 34 | 24 | 28C64 | e | 15 30 79 | 4 | BAT 45 | e |
| 16 30 58 | 5 | 2N 1613/1711 | e | 15 30 87 | 4 | BAT 46 | e |
| 16 30 74 | 5 | 2N 1893 | e | 15 30 95 | 5 | BAT 48 | e |
| 16 31 04 | 4 | 2N 2102 | e | 14 08 72 | 4 | BAV 70 (SMD | e |
| 16 30 31 | 6 | 2N 218 | e | 14 08 80 | 4 | BAV 90 (SMD) | e |
| 16 31 12 | 5 | 2N 2218/2219/2222 | e | 14 08 99 | 3 | BAW 56 | e |
| 16 26 47 | 8 | 2N 2218A/2219A/2222A | e | 15 31 50 | 3 | BB 204G | e |
| 16 27 01 | 4 | 2N 2369 | e | 15 35 16 | 7 | BC 107 - 109 | e |
| 16 27 10 | 6 | 2N 2369A | e | 15 36 48 | 5 | BC 140/141 | e |
| 16 27 44 | 6 | 2N 2484 | e | 15 37 88 | 5 | BC 160/161 | e |
| 16 31 63 | 5 | 2N 2904 - 2907 | e | 15 39 82 | 6 | BC 177 -179 | e |
| 16 28 09 | 7 | 2N 2904A - 2907A | e | 15 45 63 | 6 | BC 327/328 | e |
| 16 28 84 | 4 | 2N 3019 | e | 15 45 98 | 6 | BC 337/338 | e |
| 16 31 80 | 4 | 2N 3053 | e | 15 46 87 | 4 | BC 516 | e |
| 14 93 65 | 4 | 2N 3055 | e | 15 46 95 | 4 | BC 517 | e |
| 16 35 11 | 4 | 2N 3371/3372 | e | 15 47 92 | 5 | BC 635/637/639 | e |
| 16 35 46 | 6 | 2N 4033 | e | 15 48 06 | 5 | BC 636/638/640 | e |
| 16 33 92 | 5 | 2N 4424 | e | 14 00 07 | 5 | BC 807/808 (SMD) | e |
| 16 34 14 | 4 | 2N 5179 | e | 14 00 23 | 5 | BC 817/818 (SMD) | e |
| 16 37 59 | 4 | 2N 5320 | e | 14 00 40 | 8 | BC 846 bis BC 850 (SMD) | e |
| 16 30 15 | 4 | 2N 708 | e | 14 00 82 | 8 | BC 856 bis BC 860 (SMD) | e |
| 16 30 23 | 5 | 2N 914 | e | 15 48 30 | 4 | BC 875/877/879 | e |
| 17 69 90 | 1 | 31/2-stellige LCD-Anzeige | d | 15 48 65 | 4 | BC 876/878/880 | e |
| 14 63 40 | 6 | 4N28 | e | 14 01 80 | 4 | BCV 26 (SMD) | e |

Voor de Conrad Fax Infotheek betaalt u het normale telefoontarief. Er gelden de normale betaal- en leveringsvoorwaarden uit de Conrad Katalogi. Leveringen zolang de voorraad strekt.

**Figuur 3/8.9.10-1:** De eerste pagina van het overzicht van alle artikelen waarover gegevens in de "Fax-Infotheek" van Conrad Electronic aanwezig zijn.

**8.9 Software voor de gebruiker**



ANALOG DEVICES

# General Purpose Input Isolation Amplifier

## AD102/AD104

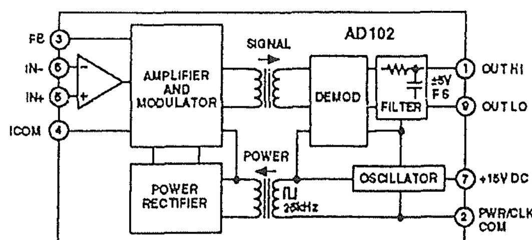
**FEATURES**

- Integral Isolated Power Supply
- 500 V rms CMV Isolation Rating
- High Accuracy: ±0.05% Max Nonlinearity
- Small SIP Style Footprint
- Lowest Priced Isolation Amplifiers

**APPLICATIONS**

- Single/Multichannel Data Acquisition Systems
- Process Control Input Signal Isolation
- Motor Control
- Utility Power Monitoring
- General Input Protection Circuits
- Ground Loop Interruption

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM




**GENERAL DESCRIPTION**

The AD102 and AD104 are general purpose, two-port, isolation amplifiers suitable for use where input signal isolation is desired. Each offers a functionally complete, compact isolation solution rated at 500 V rms common mode, based upon the proven and reliable transformer-coupled, galvanic isolation technique used in all AD200 series isolation amplifier products.

Each model is offered in a minimum footprint package requiring no external components to operate. Though similar to the AD202 and AD204, the AD102 and AD104 models are intended as lower cost solutions where the performance of the AD202 or AD204 is not demanded.

Both the AD102 and AD104 can be used in applications where input-to-input and/or input-to-system isolation is desired. The AD102 is best suited for single input uses as it requires only +15 V dc power to operate. It may also be appropriate for multichannel applications when input-to-input isolation is not required such as where a single input multiplexer selects a specific channel prior to isolation.

For applications where input to input isolation is required, the AD104 may be a more desirable choice. It offers the lowest cost per channel especially when powered from a common clock source, the cost of which may be amortized over many channels.

The clock necessary for AD104 operation is a 25 kHz, 15 V p-p square wave applied to the clock input pin. Most standard oscillator components like a CD4047 or TL555 may be used, or a designer may choose the AD246 clock driver developed for the AD204 product.

**PRODUCT HIGHLIGHTS**

**Complete, Single Device Solution for Input Isolation**
The AD102 offers full isolation without external parts or need for an external dc/dc power source. The AD104 features the same functionality at a lower price for multichannel uses when supplied with a 25 kHz clock signal.

**High Accuracy**
A maximum nonlinearity of 0.05% is specified for both the AD102 and AD104 over the rated temperature range.

**Wide Bandwidth**
Each is specified with a full power (−3 dB) bandwidth. The AD104 at 4 kHz and the AD102 at 1.5 kHz.

**High Performance Common-Mode Rejection**
While providing continuous 500 V rms isolation, greater than 100 dB rejection is provided. Each part has only 5.5 pF (typical) of common-mode input capacitance.

**Uncommitted Input Stage**
Both models offer an uncommitted op amp input stage for user flexibility and input gain optimization up to 100 V/V.

**Low Power Consumption**
The AD104 consumes only 35 mW from the clock source, the AD102 only 75 mW from the +15 V dc supply.

**Figuur 3/8.9.10-2:** Uit deze per fax ontvangen pagina uit het data-sheet van de AD102 blijkt duidelijk de uitstekende kwaliteit van de ontvangen pagina's.

Met zet de eigen fax in "Polling"-modus (de meeste fax-apparaten doen dit automatisch en men moet dan helemaal niets doen), toetst een nummer in, drukt op "Start" en de rest gaat volledig automatisch. De fax zoekt contact met zijn Duitse soortgenoot, de verbinding wordt tot stand gebracht en het gevraagde data-

sheet rolt, pagina na pagina in een goede kwaliteit uit de eigen fax, zie figuur 3/8.9.10-2.

**Hoe selecteren?**
Het selecteren van het gewenste data-sheet gebeurt door het, aansluitend op het telefoonnummer, intoetsen van een vier-cijferige code. Het telefoonnummer van deze door het Duitse bedrijf "Bruchmann GmbH" georganiseerde service is:
**00-49-8765-9300-xxxx**
De code xxxx definieert de schakeling waarvan men het data-sheet wil ontvangen. Vult men hier 1000 is, dan wordt een lijst met alle beschikbare codes teruggezonden.

**Typenummers en code's**
Zoals geschreven kan men de lijst met alle beschikbare data-sheet's ontvangen door als code 1000 in te voeren. Deze lijst is echter nogal op een vreemde manier georganiseerd en dus niet zo toegankelijk, zodat de redactie van dit naslagwerk, als extra service, deze lijst op een gemakkelijker toegankelijke manier heeft gereorganiseerd. Op deze en de volgende pagina's staan alle beschikbare IC's op ***numeriek volgorde*** gesorteerd. Dat wil zeggen dat het ***getal*** in het typenummer de sorteersleutel was. In de derde kolom staat de code die men moet intoetsen om het betreffende data-sheet toegezonden te krijgen.

| | | |
|---|---|---|
| ADXLEM | XXX | 1943 |
| AMP | 01 | 1607 |
| MAT | 01 | 1648 |
| REF | 01 | 1755 |
| TMP | 01 | 1807 |
| AMP | 02 | 1608 |
| MAT | 02 | 1649 |
| REF | 02 | 1756 |
| MAT | 03 | 1650 |
| TMP | 03 | 1850 |
| AMP | 04 | 1610 |
| BUF | 04 | 1613 |
| CMP | 04 | 1616 |
| MAT | 04 | 1651 |
| MLT | 04 | 1652 |
| SMP | 04 | 1773 |
| TMP | 04 | 1850 |
| ADXL | 05 | 1846 |
| OP | 07 | 1662 |
| DAC | 08 | 1618 |
| SMP | 08 | 1774 |
| DAC | 16 | 1621 |
| SMP | 18 | 1777 |
| 1B | 21 | 1001 |
| ADDS | 21XX-To | 1919 |
| 1B | 22 | 1002 |
| OP | 27 | 1688 |
| 1B | 31 | 1003 |
| 1B | 32 | 1004 |
| ADVFC | 32 | 1605 |
| 1B | 41 | 1005 |
| REF | 43 | 1762 |
| ADXL | 50 | 1606 |
| 1B | 51 | 1006 |
| OP | 77 | 1720 |
| ADMOD | 79 | 1573 |
| OP | 90 | 1722 |
| OP | 97 | 1723 |
| ADV | 101 | 1586 |
| AD | 102 | 1819 |
| AD | 104 | 1819 |
| OP | 113 | 1666 |
| AD | 1B60 | 1079 |
| OP | 176 | 1673 |
| OP | 177 | 1674 |
| ADXL | 181 | 1847 |
| OP | 183 | 1675 |
| OP | 191 | 1809 |
| REF | 191 | 1761 |
| REF | 192 | 1761 |
| REF | 193 | 1761 |
| REF | 194 | 1761 |
| REF | 195 | 1761 |
| OP | 196 | 1926 |

**8.9 Software voor de gebruiker**

| | | |
|---|---|---|
| REF | 196 | 1761 |
| REF | 198 | 1761 |
| ADMC | 200 | 1960 |
| OP | 200 | 1677 |
| ADG | 201HS | 1493 |
| ADG | 201A | 1492 |
| ADMC | 201 | 1961 |
| AD | 202 | 1081 |
| ADM | 202 | 1528 |
| AD | 203SN | 1084 |
| ADM | 205 | 1530 |
| AD | 208 | 1086 |
| AD | 210 | 1089 |
| ADDS | 210XX-S | 1489 |
| ADG | 211A | 1495 |
| OP | 220 | 1683 |
| ADG | 221 | 1497 |
| OP | 221 | 1684 |
| ADM | 222 | 1539 |
| ADM | 223 | 1540 |
| ADM | 230L | 1540 |
| ADM | 231L | 1540 |
| ADM | 232L | 1540 |
| ADM | 232A | 1539 |
| ADM | 233L | 1540 |
| ADM | 234L | 1540 |
| ADM | 235L | 1540 |
| ADM | 236L | 1540 |
| ADM | 237L | 1540 |
| ADM | 238L | 1540 |
| ADM | 239L | 1540 |
| ADM | 241L | 1540 |
| OP | 249 | 1686 |
| OP | 270 | 1689 |
| OP | 271 | 1690 |
| OP | 275 | 1691 |
| AD | 2S80A | 1118 |
| AD | 2S81A | 1119 |
| AD | 2S83 | 1121 |
| AD | 2S90 | 1122 |
| AD | 2S93 | 1123 |
| OP | 296 | 1926 |
| AD | 2S99 | 1823 |
| DAC | 312 | 1622 |
| CMP | 401 | 1872 |
| CMP | 402 | 1872 |
| ADG | 406 | 1499 |
| ADG | 408 | 1501 |
| ADG | 411 | 1503 |
| ADG | 417 | 1844 |
| ADG | 419 | 1506 |
| AD | 420 | 1135 |
| AD | 421 | 1892 |
| ADG | 428 | 1508 |
| ADG | 431 | 1510 |
| ADG | 436 | 1918 |
| ADG | 438F | 1855 |
| ADG | 439F | 1855 |
| ADG | 441 | 1513 |
| ADV | 453 | 1587 |
| ADV | 458 | 1588 |
| ADV | 471 | 1589 |
| OP | 471 | 1710 |
| ADV | 473 | 1590 |
| ADV | 476 | 1592 |
| OP | 484 | 1871 |
| ADM | 485 | 1553 |
| OP | 490 | 1712 |
| OP | 496 | 1926 |
| OP | 497 | 1716 |
| ADG | 508A | 1518 |
| ADG | 508F | 1845 |
| ADG | 509F | 1845 |
| ADG | 511 | 1520 |
| AD | 524 | 1142 |
| AD | 526 | 1144 |
| ADG | 526A | 1523 |
| ADG | 528A | 1525 |
| ADG | 528F | 1845 |
| ADG | 529F | 1845 |
| AD | 532 | 1145 |
| AD | 534 | 1146 |
| AD | 536A | 1147 |
| AD | 537 | 1148 |
| AD | 538 | 1149 |
| AD | 539 | 1150 |
| AD | 546 | 1154 |
| AD | 548 | 1156 |

**8.9 Software voor de ontwerper**

| | | |
|---|---|---|
| AD | 549 | 1157 |
| AD | 557 | 1159 |
| AD | 558 | 1160 |
| ADM | 560 | 1556 |
| AD | 565A | 1164 |
| AD | 568 | 1166 |
| AD | 569 | 1167 |
| AD | 570 | 1168 |
| AD | 571 | 1169 |
| AD | 573 | 1171 |
| AD | 574A | 1172 |
| AD | 580 | 1176 |
| AD | 581 | 1177 |
| AD | 584 | 1180 |
| AD | 585 | 1181 |
| AD | 586 | 1182 |
| AD | 587 | 1183 |
| AD | 588 | 1184 |
| AD | 589 | 1185 |
| AD | 590 | 1186 |
| AD | 592 | 1187 |
| AD | 594 | 1188 |
| AD | 596 | 1190 |
| AD | 598 | 1192 |
| AD | 600 | 1193 |
| AD | 603 | 1195 |
| AD | 604 | 1959 |
| AD | 605 | 1941 |
| AD | 606 | 1196 |
| AD | 607 | 1824 |
| AD | 608 | 1825 |
| ADG | 608 | 1912 |
| ADG | 609 | 1912 |
| AD | 620 | 1197 |
| AD | 621 | 1198 |
| AD | 624 | 1199 |
| AD | 625 | 1200 |
| AD | 626 | 1201 |
| AD | 630 | 1202 |
| AD | 633 | 1204 |
| AD | 636 | 1205 |
| AD | 637 | 1206 |
| AD | 639 | 1207 |
| AD | 640 | 1208 |
| AD | 641 | 1908 |
| AD | 645 | 1211 |
| AD | 647 | 1212 |
| AD | 648 | 1213 |
| AD | 650 | 1214 |
| AD | 652 | 1215 |
| AD | 654 | 1216 |
| AD | 660 | 1217 |
| ADM | 660 | 1934 |
| ADM | 663 | 1558 |
| ADM | 663A | 1559 |
| AD | 664 | 1218 |
| ADM | 666 | 1558 |
| ADM | 666A | 1559 |
| AD | 667 | 1219 |
| ADP | 667 | 1917 |
| AD | 668 | 1220 |
| AD | 669 | 1221 |
| AD | 670 | 1222 |
| AD | 671 | 1223 |
| AD | 673 | 1224 |
| AD | 674B | 1226 |
| AD | 676 | 1227 |
| AD | 677 | 1228 |
| AD | 678 | 1229 |
| AD | 679 | 1230 |
| AD | 680 | 1231 |
| AD | 684 | 1233 |
| AD | 688 | 1234 |
| ADM | 690 | 1562 |
| ADM | 696 | 1568 |
| AD | 698 | 1237 |
| ADM | 698 | 1570 |
| AD | 704 | 1244 |
| AD | 705 | 1245 |
| AD | 706 | 1246 |
| ADM | 709 | 1893 |
| AD | 711 | 1249 |
| AD | 712 | 1253 |
| AD | 713 | 1254 |
| AD | 721 | 1256 |
| AD | 722 | 1909 |
| AD | 734 | 1274 |
| AD | 736 | 1276 |

**8.9 Software voor de gebruiker**

| | | |
|---|---|---|
| AD | 737 | 1277 |
| AD | 743 | 1280 |
| AD | 744 | 1281 |
| AD | 745 | 1282 |
| AD | 746 | 1283 |
| AD | 760 | 1827 |
| AD | 766 | 1330 |
| AD | 767 | 1332 |
| AD | 768 | 1334 |
| AD | 773A | 1899 |
| AD | 774B | 1226 |
| AD | 775 | 1345 |
| AD | 776 | 1346 |
| AD | 779 | 1354 |
| AD | 780 | 1355 |
| AD | 781 | 1356 |
| AD | 783 | 1361 |
| AD | 790 | 1386 |
| AD | 795 | 1392 |
| AD | 797 | 1394 |
| AD | 800 | 1395 |
| AD | 802 | 1395 |
| AD | 803 | 1398 |
| AD | 805 | 1399 |
| AD | 807 | 1904 |
| AD | 809 | 1935 |
| AD | 810 | 1400 |
| AD | 811 | 1401 |
| AD | 812 | 1402 |
| AD | 815 | 1938 |
| ADDG | 815 | 1822 |
| AD | 817 | 1404 |
| AD | 818 | 1405 |
| AD | 820 | 1406 |
| AD | 822 | 1407 |
| AD | 823 | 1907 |
| AD | 824 | 1810 |
| AD | 826 | 1408 |
| AD | 827 | 1409 |
| AD | 828 | 1410 |
| AD | 829 | 1411 |
| AD | 830 | 1412 |
| AD | 831 | 1413 |
| AD | 834 | 1414 |
| AD | 835 | 1415 |
| AD | 840 | 1416 |
| AD | 841 | 1418 |
| AD | 842 | 1419 |
| AD | 843 | 1420 |
| AD | 844 | 1421 |
| AD | 845 | 1422 |
| AD | 846 | 1423 |
| AD | 847 | 1424 |
| AD | 848 | 1425 |
| AD | 871 | 1430 |
| AD | 872A | 1891 |
| AD | 872 | 1431 |
| AD | 875 | 1432 |
| AD | 876 | 1838 |
| AD | 1317 | 1045 |
| AD | 1324 | 1046 |
| AD | 1382 | 1055 |
| AD | 1385 | 1056 |
| AD | 1403 | 1057 |
| ADM | 1485 | 1527 |
| AD | 1580 | 1963 |
| AD | 1671 | 1059 |
| AD | 1672 | 1880 |
| AD | 1674 | 1060 |
| AD | 1845 | 1900 |
| AD | 1846 | 1820 |
| AD | 1847 | 1061 |
| AD | 1848 | 1062 |
| AD | 1849 | 1063 |
| AD | 1851 | 1064 |
| AD | 1859 | 1853 |
| AD | 1862 | 1068 |
| AD | 1865 | 1070 |
| AD | 1866 | 1071 |
| AD | 1868 | 1072 |
| AD | 1876 | 1073 |
| AD | 1877 | 1074 |
| AD | 1878 | 1075 |
| AD | 1890 | 1077 |
| AD | 1893 | 1821 |
| AD | 1900 | 1457 |
| SSM | 2017 | 1782 |
| SSM | 2018T | 1784 |

**8.9 Software voor de ontwerper**

| | | |
|---|---|---|
| ADEL | 2020 | 1491 |
| AD | 2S100 | 1110 |
| ADSP | 2101 | 1579 |
| ADSP | 2103 | 1579 |
| AD | 2S105 | 1111 |
| ADSP | 2105 | 1579 |
| ADSP | 2111 | 1579 |
| ADSP | 2115 | 1579 |
| SSM | 2118T | 1784 |
| SSM | 2120 | 1788 |
| SSM | 2125 | 1790 |
| SSM | 2135 | 1794 |
| SSM | 2141 | 1796 |
| SSM | 2142 | 1797 |
| SSM | 2143 | 1798 |
| ADSP | 21msp58 | 1901 |
| ADSP | 21msp59 | 1901 |
| SSM | 2160 | 1848 |
| ADSP | 2161 | 1579 |
| SSM | 2161 | 1848 |
| ADSP | 2162 | 1579 |
| ADSP | 2163 | 1579 |
| SSM | 2163 | 1954 |
| ADSP | 2164 | 1579 |
| SSM | 2164 | 1849 |
| ADSP | 2171 | 1869 |
| ADSP | 2172 | 1869 |
| ADSP | 2173 | 1869 |
| ADSP | 2181 | 1927 |
| SSM | 2402 | 1801 |
| SSM | 2404 | 1802 |
| AD | 28msp01 | 1108 |
| AD | 28msp02 | 1109 |
| ADDC | 02805S | 1947 |
| ADM | 5170 | 1554 |
| ADM | 5180 | 1555 |
| AD | 7002 | 1239 |
| AD | 7008 | 1240 |
| AD | 7010 | 1241 |
| AD | 7011 | 1242 |
| AD | 7013 | 1243 |
| ADM | 706/8-R/S/ | 1866 |
| AD | 7111A | 1250 |
| AD | 7111 | 1250 |
| AD | 7112 | 1251 |
| ADV | 7120 | 1595 |
| ADV | 7121 | 1596 |
| ADV | 7128 | 1598 |
| ADV | 7129 | 1854 |
| ADV | 7150 | 1602 |
| ADV | 7151 | 1603 |
| ADV | 7152 | 1604 |
| ADV | 7160 | 1851 |
| AD | 7224 | 1257 |
| AD | 7225 | 1258 |
| AD | 7226 | 1259 |
| AD | 7228A | 1261 |
| AD | 7233 | 1262 |
| AD | 7237 | 1263 |
| AD | 7242 | 1264 |
| AD | 7243 | 1265 |
| AD | 7245A | 1268 |
| AD | 7249 | 1272 |
| AD | 7306 | 1273 |
| AD | 7524 | 1297 |
| AD | 7528 | 1298 |
| AD | 7533 | 1299 |
| AD | 7534 | 1300 |
| AD | 7535 | 1301 |
| AD | 7536 | 1302 |
| AD | 7537 | 1303 |
| AD | 7538 | 1304 |
| AD | 7549 | 1312 |
| AD | 7564 | 1313 |
| AD | 7568 | 1314 |
| AD | 7569 | 1315 |
| AD | 7575 | 1319 |
| AD | 7628 | 1329 |
| AD | 7701 | 1336 |
| AD | 7703 | 1337 |
| AD | 7710 | 1338 |
| AD | 7711A | 1828 |
| AD | 7711 | 1339 |
| AD | 7712 | 1340 |
| AD | 7713 | 1341 |
| AD | 7714 | 1812 |
| AD | 7715 | 1813 |
| AD | 7716 | 1342 |

**8.9 Software voor de gebruiker**

| | | |
|---|---|---|
| AD | 7721 | 1829 |
| AD | 7769 | 1347 |
| AD | 7776 | 1351 |
| AD | 7804 | 1830 |
| AD | 7805 | 1830 |
| AD | 7821 | 1358 |
| AD | 7824 | 1359 |
| AD | 7834 | 1859 |
| AD | 7837 | 1362 |
| AD | 7840 | 1363 |
| AD | 7845 | 1364 |
| AD | 7846 | 1365 |
| AD | 7849 | 1831 |
| AD | 7851 | 1873 |
| AD | 7853 | 1814 |
| AD | 7854 | 1874 |
| AD | 7858 | 1815 |
| AD | 7859 | 1874 |
| AD | 7861 | 1962 |
| AD | 7868 | 1368 |
| AD | 7869 | 1369 |
| AD | 7870A | 1898 |
| AD | 7872 | 1372 |
| AD | 7878 | 1376 |
| AD | 7880 | 1377 |
| AD | 7882 | 1832 |
| AD | 7884 | 1379 |
| AD | 7890 | 1382 |
| AD | 7891 | 1383 |
| AD | 7892 | 1384 |
| AD | 7893 | 1385 |
| AD | 7896 | 1816 |
| AD | 7943 | 1389 |
| AD | 8001 | 1396 |
| AD | 8002 | 1834 |
| AD | 8004 | 1835 |
| AD | 8011 | 1863 |
| DAC | 8012 | 1623 |
| AD | 8013 | 1939 |
| AD | 8015 | 1833 |
| AD | 8036 | 1836 |
| AD | 8037 | 1836 |
| AD | 8041 | 1925 |
| AD | 8042 | 1929 |
| DAC | 8043 | 1624 |
| AD | 8044 | 1940 |
| AD | 8047 | 1868 |
| AD | 8048 | 1868 |
| DAC | 8221 | 1626 |
| DAC | 8222 | 1627 |
| DAC | 8228 | 1628 |
| DAC | 8229 | 1629 |
| DAC | 8248 | 1630 |
| AD | 8300 | 1808 |
| AD | 8401 | 1417 |
| AD | 8402 | 1867 |
| AD | 8403 | 1867 |
| DAC | 8408 | 1631 |
| DAC | 8412 | 1632 |
| DAC | 8420 | 1634 |
| DAC | 8426 | 1635 |
| DAC | 8512 | 1895 |
| AD | 8522 | 1427 |
| DAC | 8562 | 1896 |
| AD | 8582 | 1428 |
| AD | 8600 | 1429 |
| ADM | 8660 | 1934 |
| DAC | 8800 | 1636 |
| AD | 8801 | 1876 |
| AD | 8802 | 1933 |
| AD | 8803 | 1876 |
| AD | 8804 | 1933 |
| DAC | 8840 | 1637 |
| DAC | 8841 | 1638 |
| AD | 8842 | 1433 |
| AD | 9002 | 1440 |
| AD | 9012 | 1445 |
| AD | 9020 | 1448 |
| AD | 9022 | 1840 |
| AD | 9023 | 1841 |
| AD | 9026 | 1842 |
| AD | 9027 | 1842 |
| AD | 9032 | 1450 |
| AD | 9040A | 1453 |
| AD | 9042 | 1922 |
| AD | 9048 | 1454 |
| AD | 9050 | 1843 |
| AD | 9058 | 1455 |

**8.9 Software voor de ontwerper**

| | | |
|---|---|---|
| AD | 9059 | 1937 |
| AD | 9060 | 1456 |
| AD | 9066 | 1905 |
| AD | 9101 | 1458 |
| AD | 9220 | 1936 |
| AD | 9300 | 1459 |
| AD | 9500 | 1460 |
| AD | 9501 | 1461 |
| AD | 9560 | 1894 |
| AD | 9617 | 1464 |
| AD | 9618 | 1465 |
| AD | 9620 | 1466 |
| AD | 9621 | 1886 |
| AD | 9622 | 1887 |
| AD | 9623 | 1888 |
| AD | 9624 | 1889 |
| AD | 9630 | 1467 |
| AD | 9631 | 1468 |
| AD | 9632 | 1468 |
| AD | 9660 | 1906 |
| AD | 9696 | 1472 |
| AD | 9712B | 1476 |
| AD | 9713B | 1476 |
| AD | 9720 | 1479 |
| AD | 9768 | 1481 |
| AD | 9901 | 1482 |
| AD | 20msp815 | 1822 |
| ADSP | 21020 | 1578 |
| ADSP | 21060 | 1870 |
| ADSP | 21062 | 1870 |
| AD | 22001 | 1090 |
| AD | 22050 | 1883 |
| AD | 22100 | 1091 |
| AD | 22103 | 1861 |
| AD | 75004 | 1284 |
| AD | 96685 | 1470 |
| ADM | 705-708 | 1865 |

## 8.9 Software voor de gebruiker

# 3/8.9.11

# http://www.vego.nl, een *Nederlandstalige* site voor de elektronicus

## Inleiding

### Elektronica op het Internet

Wie in een of andere Internet zoek-robot, zoals "Yahoo", het woord "Elektronica" intypt, zal maar heel weinig verwijzingen aantreffen naar Nederlandstalige informatie over elektronica. Een schril contrast tegenover de onoverzienbare hoeveelheid informatie in de Engelse taal! Iedere fabrikant van elektronische onderdelen heeft tegenwoordig immers een eigen Internet-site, waarop men alle noodzakelijke informatie over het gefabriceerde kan aantreffen.
Vaak is echter voor de gemiddelde Nederlander het Engels toch nog steeds een hoge barrière, die maar moeilijk te nemen is. Bovendien richten deze Internet-sites zich volledig op de professionele beoefenaar van de kunst der elektronen en ziet men de doe-het-zelver niet voor vol aan.

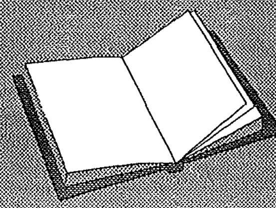
### http://www.vego.nl

Het kleine Nederlandse bedrijf Vego VOF, onder meer samensteller van dit naslagwerk, was van mening dat aan deze situatie iets moest veranderen en heeft het initiatief genomen tot het opzetten van een uitgebreide Internet-site, die helemaal is toegespitst op het verstrekken van *Nederlandstalige informatie* over elektronica en dan wel speciaal over typische interesse-gebieden voor de doe-het-zelver:

- eenvoudige bouwbeschrijvingen;
- informatie over IC's;
- een geïllustreerde encyclopedie;
- verwijzingen naar andere elektronica-sites.

Natuurlijk doet dit bedrijfje al dat werk niet geheel en al zonder eigen belang. Naast deze gratis beschikbare informatie wordt de surfer op de hoogte gebracht van de commerciële activiteiten en is het de bedoeling in de toekomst zogenoemde "kennis-dossiers" over elektronica tegen een "betaling-per-pagina"-systeem aan te bieden.
Deze dossiers zullen uitgebreide informatie bevatten over één bepaald onderwerp en zijn bedoeld voor studenten, beleidsbeslissers in bedrijven, maar ook voor de serieuzere hobbyist, die bijvoorbeeld een DVD-speler heeft aangeschaft en niet rustig kan slapen voordat hij tot in de details

**LEES OOK:**
**Hoofdstuk 3/20.9**



weet hoe een dergelijk systeem werkt. Van zodra er een veilig systeem bestaat om bijvoorbeeld per “chipper” of “chipknip” via het Internet te betalen, zal van dit systeem gebruik gemaakt worden.

**Eigen lof stinkt, maar ....**
Dit hoofdstuk is natuurlijk, dat beseft de redactie, op het randje. Het is een goede gewoonte in de journalistiek nooit te schrijven over onderwerpen waar men zélf op de een of de andere reden bij betrokken is. Het eigen belang zou de objectieve kijk op de zaken natuurlijk wel wat kunnen vertroebelen. Reeds geschreven is, dat deze Internet-site door de producenten van dit naslagwerk is opgezet. In feite wordt dit hoofdstuk geschreven door de Vego-auteur, die in grote lijnen ook verantwoordelijk is voor de samenstelling, inhoud en vormgeving van de Vego-site. In principe is dit dus journalistiek gezien een niet te tolereren belangenverstrengeling.
Toch schrijft de redactie dit hoofdstuk en wel om de volgende reden. Naar ons gevoel heeft deze Internet-site zo veel te bieden dat iedere kans om deze onder de aandacht van het potentiële publiek te brengen met beide handen aangegrepen moet worden.
Het oordeel is aan de lezer/es!

site, die vinden dat het Internet er hoofdzakelijk zou moeten zijn voor de ***snelle overdracht van informatie*** van computer X naar computer Y en er niet is voor het ***demonstreren van technische hoogstandjes.*** Een van de eerste zaken die opvallen is dan ook dat alle pagina’s zeer snel geladen worden. Een tweede voordeel van deze bijna Spartaans te noemen vormgeving is dat men niet de allerlaatste versies van de “Internet Explorer” of de “NetScape Navigator” nodig heeft voor het bezoeken van deze site.




**Figuur 3/8.9.11-1:** De home-page van www.vego.nl.

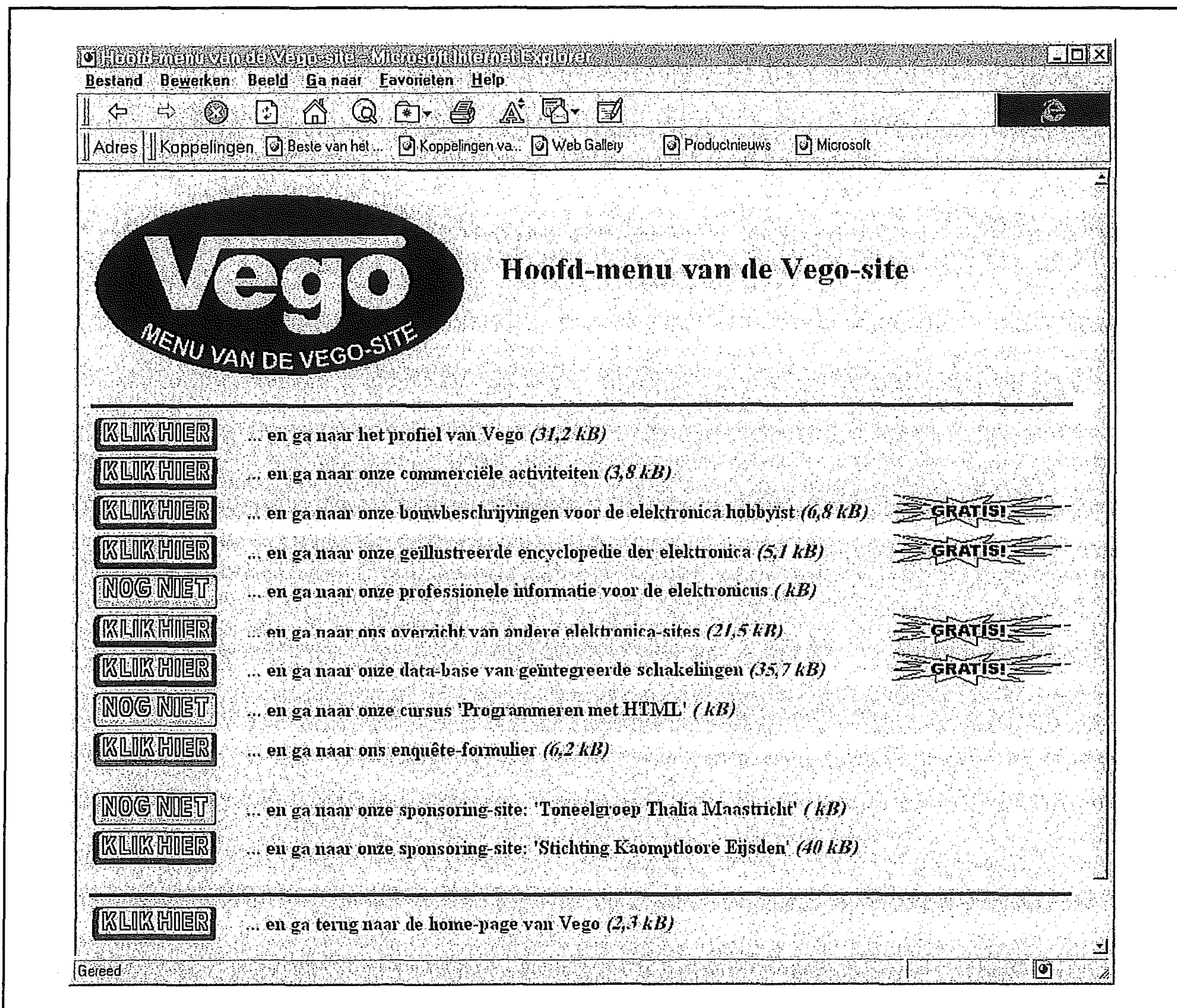
# De algemene opzet

**Eerste indrukken**
Wie deze Vego Internet-site bezoekt, zal vaststellen dat de opzet uiterst sober is. Geen ingewikkelde frames, geen drukke plaatjes, geen grafische hoogstandjes maar vooral veel informatie. Dat is een bewuste keuze van de ontwerpers van deze

Een tweede zaak die opvalt is dat de Vego-site nog volop in ontwikkeling is. Hoewel er (bezoekdatum 31 juli) al meer dan 5 MB aan gegevens gepubliceerd is, zijn er nog heel veel pagina’s waarvan alleen het “geraamte” aanwezig is, maar die nog aangekleed moeten worden met informatie. Overigens hoeft de bezoeker/ster geen tijd te verdoen met het laden van dergelijke pagina’s.

Een derde, zeer gebruikersvriendelijke, eigenschap van deze site is namelijk dat bij iedere knop die verwijst naar een andere pagina vermeld staat hoeveel kB data er gedownload moeten worden om de gehele pagina (dus tekst plus illustraties) op het scherm van de WWW-browser te krijgen.
Bij verwijzingen naar nog "lege" pagina's is daar uiteraard nog geen getal ingevuld. Dat de site volop in ontwikkeling is, blijkt ook uit de vele "UP-DATE"-data, die op belangrijke pagina's staan. Op deze manier kan een surfer, die de site voor de tweede keer bezoekt, onmiddellijk vaststellen of bepaalde onderdelen van de site sinds het vorige bezoek zijn geactualiseerd.

**De home-page en het hoofd-menu**
Na het invullen van de URL 'http://www.vego.nl' in het zoek-venster van de WWW-browser komt de home-page van Vego VOF, zie figuur 3/8.9.11-1, in beeld.
Dit is niets meer dan een welkom-scherm, waarin de doelstellingen van het bedrijf worden gemeld:
*"het vergroten van de kennis over elektronica- en computer-techiek".*
Er is slechts één link aanwezig en wel naar het hoofd-menu van figuur 3/8.9.11-2. Dit is het centrale station van de gehele site, waar men van iedere pagina, hoe diep ook gelegen in de directory-structuur, steeds naar terug kan gaan.
In dit hoofdmenu kan men selecteren uit:
- Het profiel van Vego:
  een korte beschrijving van de geschiedenis van het bedrijf.
- De commerciële activiteiten:
  via een sub-menu komt men bij tekst en uitleg over de commerciële activiteiten van Vego VOF.
- Bouwbeschrijvingen voor de elektronica hobbyist:
  dit onderdeel zal op termijn tientallen volledig uitgewerkte bouwbeschrijvingen van eenvoudige projecten bevatten.
- Geïllustreerde encyclopedie van de elektronica:
  een uitgebreide data-base met (op termijn) duizenden begrippen en illustraties.
- Professionele informatie voor de elektronicus:
  het deel van de site waarmee Vego VOF in de toekomst geld denkt te verdienen: in dit deel komen de reeds genoemde "kennis-dossiers" te staan, die tegen "betaling-per-pagina" beschikbaar komen.
- Overzicht van andere elektronica-sites:
  met de URL's van meer dan duizend leveranciers van elektronica, IC's, hard- en software en een speciale pagina met verwijzingen naar andere doe-het-zelf sites.
- Data-base van geïntegreerde schakelingen:
  hierin zijn duizenden IC's functie-gericht aanwezig, met een korte omschrijving van hun specificaties.
- Cursus "Programmeren in HTML":
  een on-line cursus, waarmee men de basisbeginselen van het maken van Internet-pagina's onder de duim krijgt.
- Enquête-formulier:
  een formulier, waarin de bezoeker/ster kan invullen wat hij of zij van deze Vego-site vindt.
- Sponsoring-pagina's:
  Vego VOF sponsort twee kleine culturele verenigingen uit Zuid-Limburg, die op deze pagina's de mogelijkheid krijgen zich voor te stellen.




**Figuur 3/8.9.11-2:** Het centrale hoofd-menu van de Vego-site.

# De bouwbeschrijvingen

### Inleiding

Na het aanklikken van het knopje “bouwbeschrijvingen” in het hoofd-menu komt het menuutje van figuur 3/8.9.11-3 in beeld.

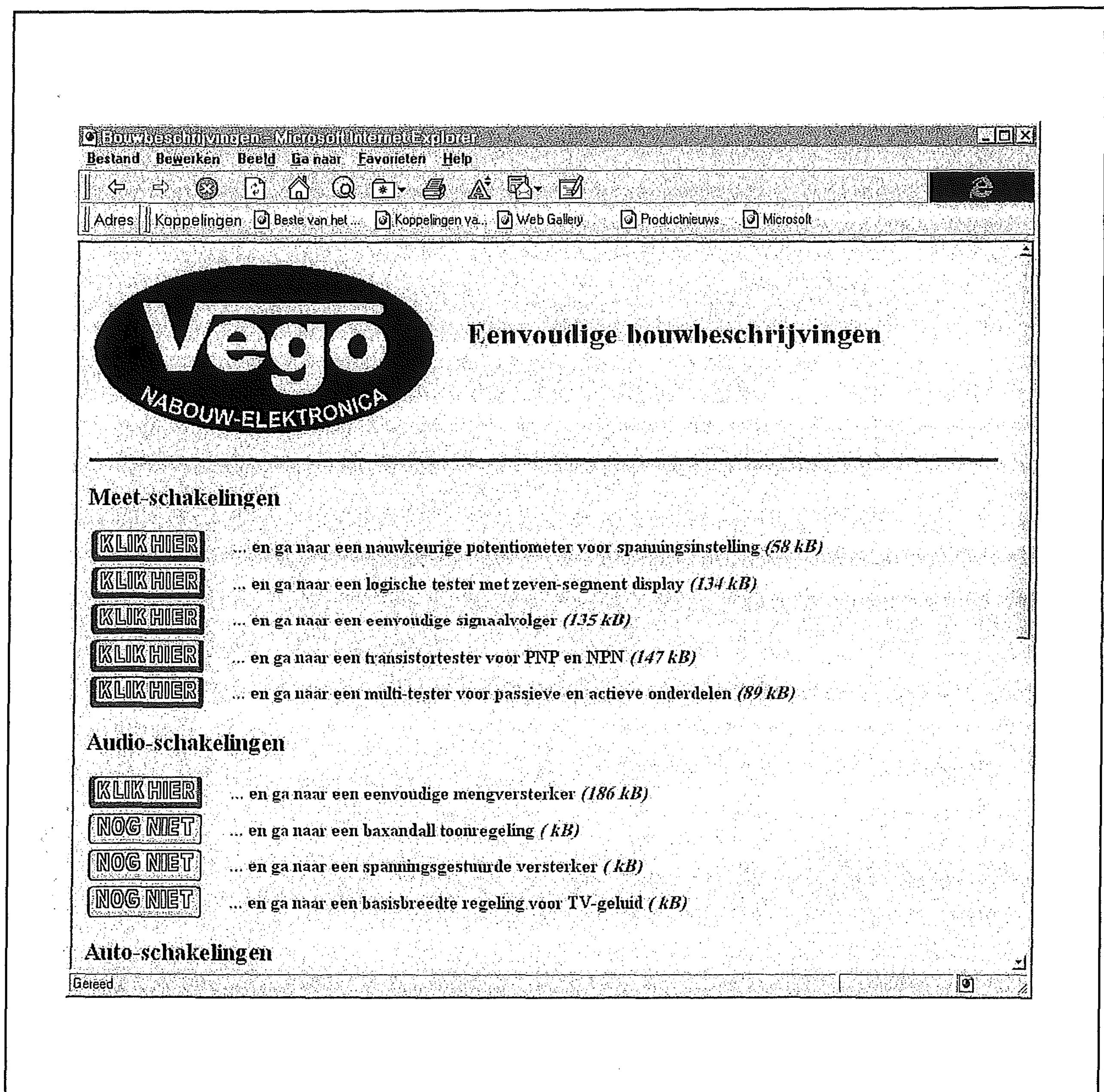
Er worden in totaal 18 nabouw projecten aangekondigd, waarvan er op de bezoekdatum overigens slechts 9 beschikbaar waren. De projecten zijn overzichtelijk ingedeeld in de categorieën:

- meet-schakelingen;
- audio-schakelingen;
- auto-schakelingen;
- modelbouw-schakelingen;
- diverse schakelingen.

De structuur van de nabouw-beschrijvingen is vrijwel identiek aan deze die gehanteerd wordt in dit naslagwerk. Eerst een korte beschrijving van de specificaties van

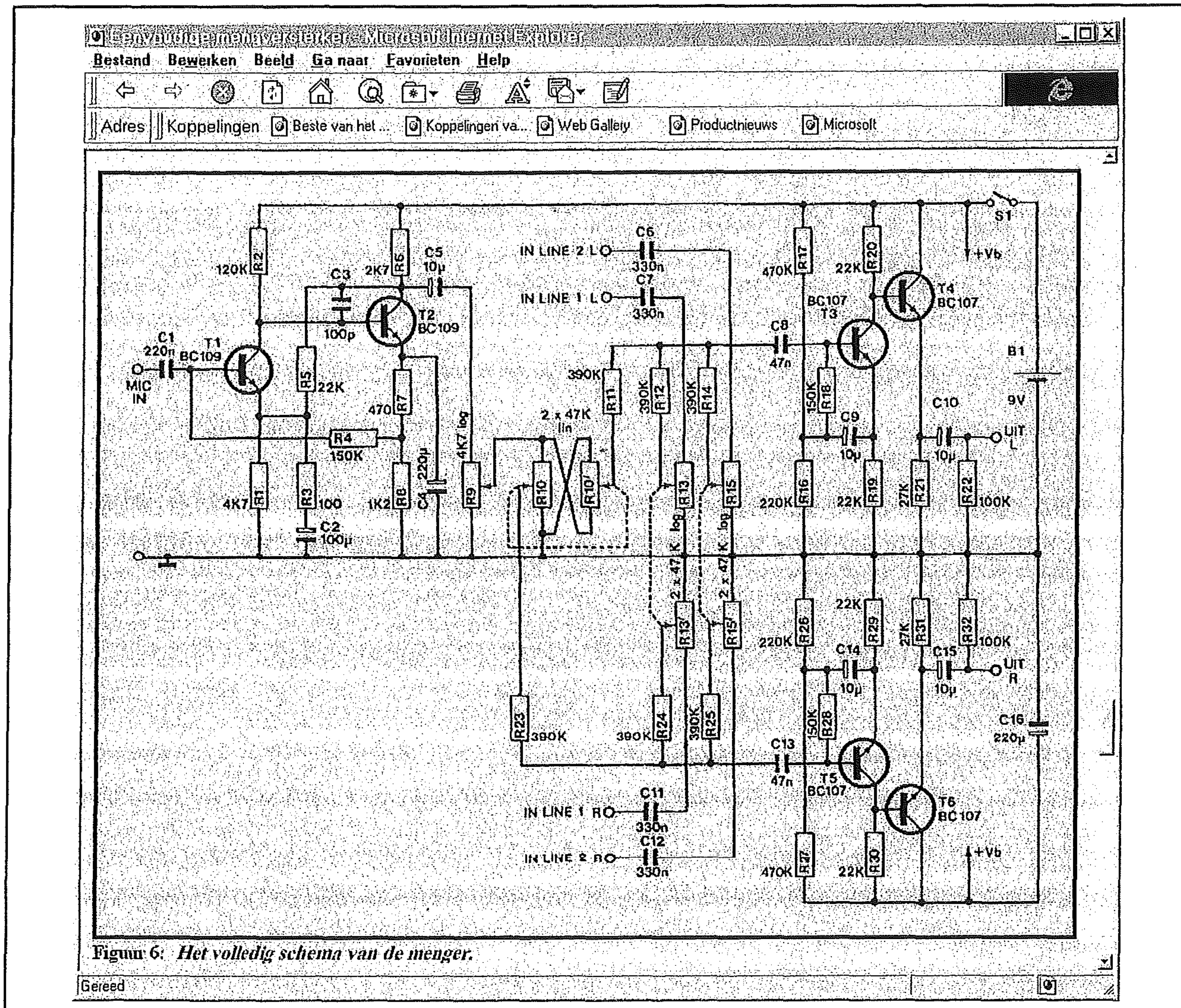
**8.9 Software voor de ontwerper**

de schakeling, nadien een functiebespreking aan de hand van een blokschema, vervolgens een uitvoerige beschrijving van de werking van alle blokken, dan de bespreking van het volledig schema en tot slot iets over de nabouw zélf. Alle illustraties zijn onder de vorm van GIF-jes aanwezig en worden vrij snel geladen, omdat er bewust gekozen is voor een heel beperkt kleuren-palet. Dat dit niets hoeft af te doen aan de kwaliteit van de schema's bewijst figuur 3/8.9.11-4!




**Figuur 3/8.9.11-3:** Het menu van de "Eenvoudige bouwbeschrijvingen".

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.11-4:** Een voorbeeldje van de manier waarop de schema's van de nabouw-projecten in het scherm van een WWW-browser worden weergegeven.

Bij alle projecten is een uitgebreide onderdelenlijst aanwezig, zie figuur 3/8.9.11-5, zodat het verzamelen van de noodzakelijke onderdelen geen probleem kan opleveren.

**Print-ontwerpen down-loaden**

Uniek is dat de ontwerpjes van de printen ook beschikbaar staan. Deze zijn weliswaar niet als GIF in de pagina opgenomen maar kunnen, door één druk op een knopje, opgehaald worden uit de server. De ontwerpen zijn niet elektronisch vervaardigd, maar gescand met een resolutie van 300 dpi en worden aangeboden als zwart/wit TIF-illustratie, gecomprimeerd met het LZW-algoritme. Een en ander heeft tot gevolg dat deze ontwerpen toch redelijk klein zijn en snel geladen kunnen worden. TIF-tekeningen kunnen in ieder grafisch programma ingelezen worden en afgedrukt.

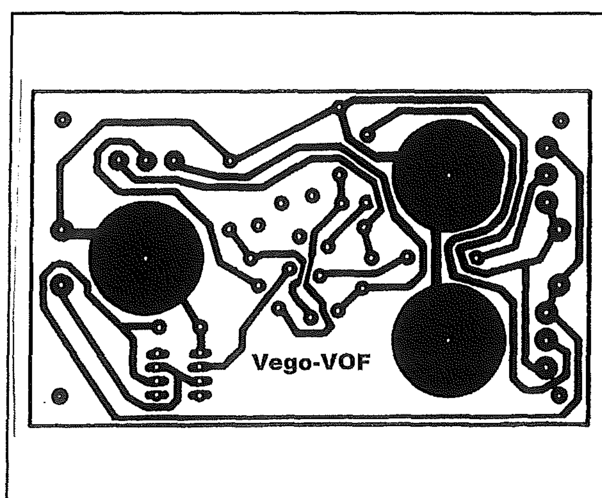
**8.9 Software voor de ontwerper**

**Onderdelenlijst**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WEERSTANDEN | | | | | |
| R1 | 4,7 kOhm | potentiometer, lin, mono | R2 | 470 kOhm | 1/4 W koolweerstand, 5 % |
| R3 | 470 kOhm | potentiometer, lin, mono | R4 | 470 kOhm | 1/4 W koolweerstand, 5 % |
| R5 | 4,7 kOhm | potentiometer, lin, mono | - | - | - |
| CONDENSATOREN | | | | | |
| C1 | 100 nF | MKH | - | - | - |
| HALFGELEIDERS | | | | | |
| IC1 | CA3140 | operationele versterker | - | - | - |
| DIVERSEN | | | | | |
| S1 | 4x3 | draaischakelaar | 4 | knop | voor 6 mm as |
| 4 | 3 mm | soldeerlipje | 1 | IC-voetje | 8 pennen |

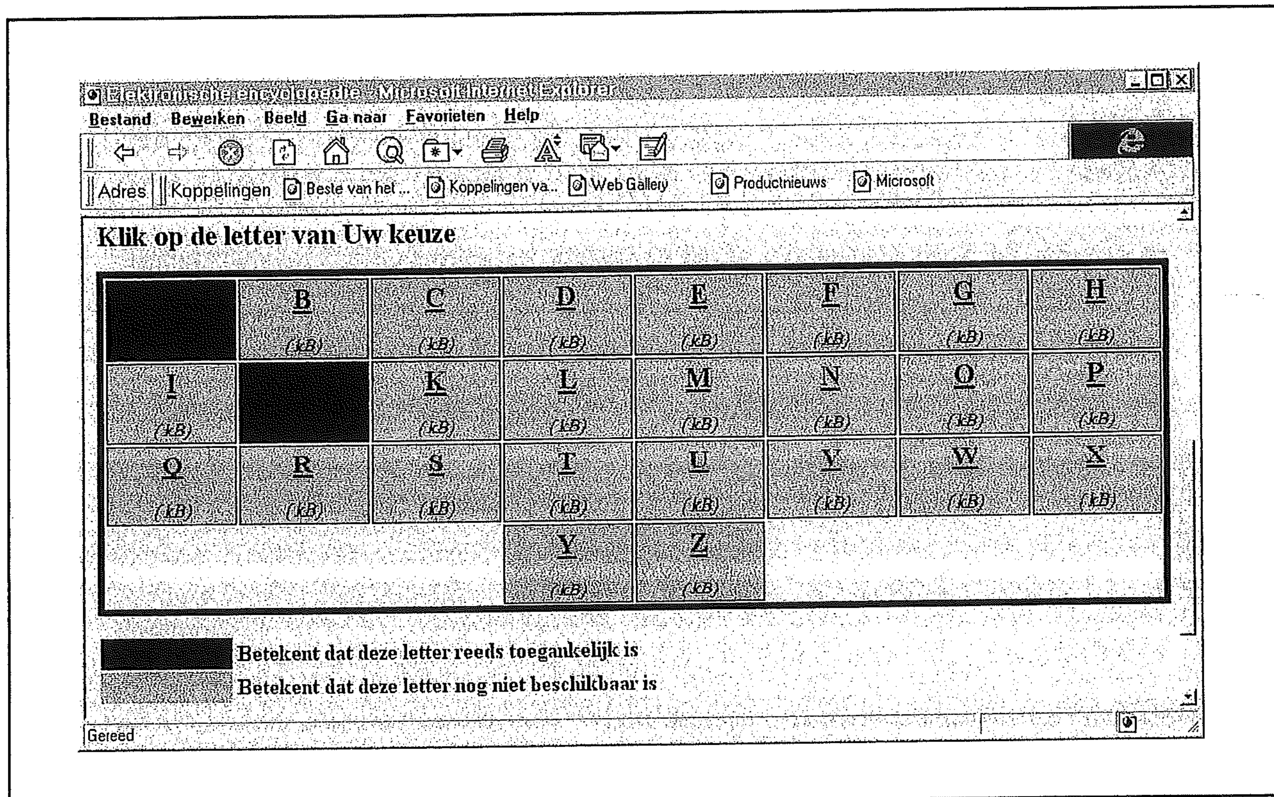
**Figuur 3/8.9.11-5:** Een voorbeeld van de manier waarop de onderdelenlijsten worden gepubliceerd.

Omdat de surfer natuurlijk niet precies weet hoe groot de printjes moeten worden afgedrukt, worden de afmetingen tot op de mm nauwkeurig vermeld in de pagina's. Men doet er verstandig aan het programma "Paint Shop Pro" te gebruiken. Bij de afdruk-functie kan men hier namelijk de breedte en/of de hoogte van de print-out tot op de mm nauwkeurig instellen, zodat men er zeker van is dat de afdruk even groot wordt als het originele ontwerp. Als men op fotografische manier printen maakt, moet men de inkjet-printer uiteraard voeden met een vel van de speciale transparante folie die voor ieder merk printer te koop is. De printen zijn zo gescand, dat de inktzijde van de afdruk tegen de fotogevoelige laag van de print moet worden gelegd. Dat de kwaliteit van de binnengehaalde printjes uitstekend is, bewijst figuur 3/8.9.11-6, waar een van de Vego-site gehaald printontwerpje werd afgedrukt met een op 300 dpi ingestelde inkjet-printer.




**Figuur 3/8.9.11-6:** Een voorbeeld van de kwaliteit van de print-ontwerpen, die men uit de Vego-site kan down-loaden.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.11-7:** Het menu dat de toegang tot de "Geïllustreerde elektronische encyclopedie" regelt.

# De encyclopedie

## Inleiding

De "Geïllustreerde elektronische encyclopedie" die op het Internet gepubliceerd wordt, is een uitgebreide versie van deze die in dit naslagwerk is verschenen. Er zijn nieuwe begrippen aan toegevoegd, de verklaring van veel begrippen is uitgebreid. Via het menu van figuur 3/8.9.11-7 komt men in dit deel van de site. In een tabel is het alfabet opgenomen. Iedere cel van de tabel is of groen of rood ingekleurd. Rood wil zeggen dat deze letter reeds op de site aanwezig is, groen dat dit nog niet het geval is. De kleuren rood en groen worden trouwens door de gehele Vego-site consequent hiervoor gebruikt: rood is reeds gepubliceerd, groen nog niet. Klikt men een van de rode letters aan, dan komt men in de lijst met verwijzingen naar alle begrippen en termen die in de letter worden behandeld, zie figuur 3/8.9.11-8.
Na het aanklikken van de tekst "Klik hier" in deze tabel wordt een nieuwe pagina geopend, met de bespreking van het betreffende begrip, zie figuur 3/8.9.11-9. Omdat de gehele site volgens de specificaties van HTML versie 3.2 is gecodeerd, worden er géén nieuwe venstertjes geopend, maar gebeurt alles in het ene geopende venster van de WWW-browser. Alle illustraties zijn weer als GIF-bestand opgenomen. Wat opvalt is, dat de programmeurs goed gebruik hebben gemaakt van de HTML-mogelijkheden voor het definiëren van de afmetingen van de illustraties. Als er veel gegevens moeten worden geladen, dan verschijnt eerst de gehele pagina met alleen maar de tekst er in goed opgemaakt in beeld.

**8.9 Software voor de ontwerper**

Bestand Bewerken Beeld Ga naar Favorieten Help

Adres Koppelingen Beste van het ... Koppelingen va... Web Gallery Productnieuws

| | | |
|---|---|---|
| j | (6,1 kB) | Klik hier |
| J | (1,6 kB) | Klik hier |
| Jack | (1,0 kB) | Klik hier |
| Jacket | (1,0 kB) | Klik hier |
| Jackson-methode | (2,5 kB) | Klik hier |
| Jacob-wet | (1,0 kB) | Klik hier |
| JADE | (1,0 kB) | Klik hier |
| Jag | (1,0 kB) | Klik hier |
| Jam | (1,1 kB) | Klik hier |
| JAM-signaal | (1,0 kB) | Klik hier |
| Jank | (1,2 kB) | Klik hier |
| JAVA | (1,2 kB) | Klik hier |
| JAVA-script | (0,9 kB) | Klik hier |
| JCL | (1,0 kB) | Klik hier |
| JEDEC | (21,9 kB) | Klik hier |
| JEDEC-file | (23,2 kB) | Klik hier |
| Jengel | (4,9 kB) | Klik hier |

Gereed

**Figuur 3/8.9.11-8:** De begrippen-lijst van de letter J.

Voor de illustraties spaart de WWW-browser kadertjes met de correcte afmetingen uit, waarin nadien de tekeningen verschijnen. In feite zou iedere Internet-pagina op deze manier gecodeerd moeten worden, maar helaas zijn er een heleboel sites waar dit niet gebeurt en de vormgeving, iedere keer nadat er een illustratie in het venster verschijnt, helemaal in de war wordt gegooid!

**Links**

In dit deel van de Vego-site wordt maximaal gebruik gemaakt van de linkmogelijkheden van HTML. In de pagina over "Jumper" wordt bijvoorbeeld verwezen naar de begrippen "Interrupt" en "I/O-adressen". Klikt men deze onderstreepte woorden aan, dan gaat het systeem onmiddellijk naar de betreffende pagina's. Helaas krijgt men op dit moment nog vaak een pagina in beeld met de opmerking *"Dit deel van de Vego-site is nog niet klaar!"*. Op het moment dat de Vego-site werd getest voor het schrijven van dit hoofdstuk, waren alleen de letters J en K ingevoerd. Op het moment dat dit artikel verschijnt, zouden minstens vier letters volledig klaar moeten zijn.

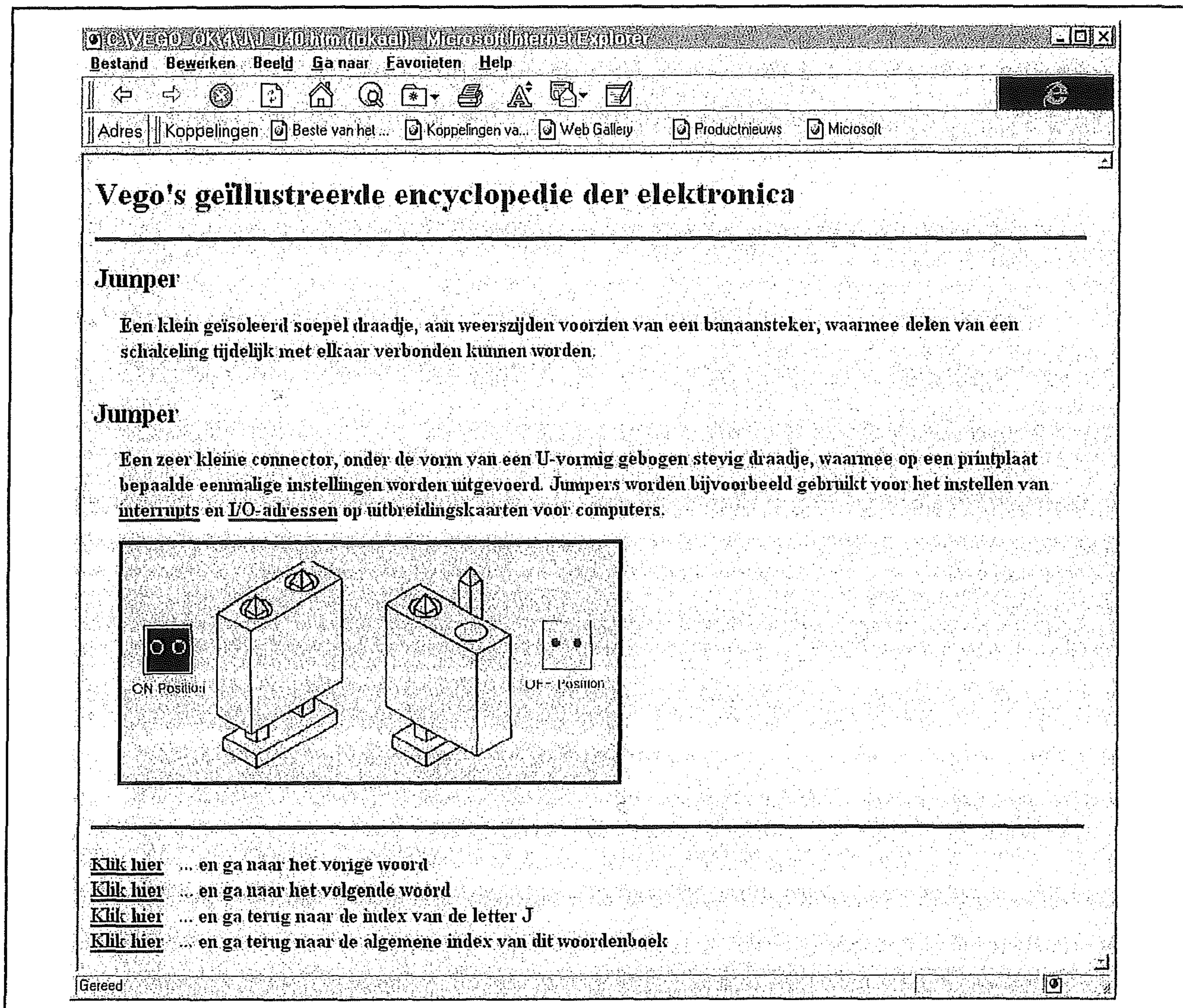
Onder in de pagina's met termen staan vier links. Met twee links kan men naar het vorige of volgende begrip, zodat iemand die de gehele encyclopedie wil doorlopen dat kan zonder iedere keer de omweg naar de pagina's van de figuren 3/8.9.11-7 en/of 3/8.9.11-8 te moeten maken.

# Data-base van geïntegreerde schakelingen

**Inleiding**

Er bestaan diverse Internet-sites, waarin aandacht wordt besteed aan geïntegreerde schakelingen. Op de eerste plaats natuurlijk de sites van de fabrikanten zélf, die tegenwoordig al hun data-sheet's onder elektronische vorm op het Internet hebben staan. Daarnaast bestaan er gespecialiseerde "onafhankelijke" sites, die overzichten van IC's publiceren en die meestal onmiddellijk een link bevatten naar de URL van de fabrikant en soms zelfs naar de HTML-pagina waar het datasheet van de betreffende schakeling ter beschikking staat. Een van de bekendste sites op dit gebied is zonder enige twijfel de "Chip Dir" van de Nederlander Jaap van Ganswijk, een wereldberoemde site die ondertussen een tiental "Mirror"-sites in alle delen van de wereld heeft. Vego heeft voor een andere benadering gekozen, een benadering die heel erg praktijkgericht uitgaat van de ontwerper.

**8.9 Software voor de ontwerper**



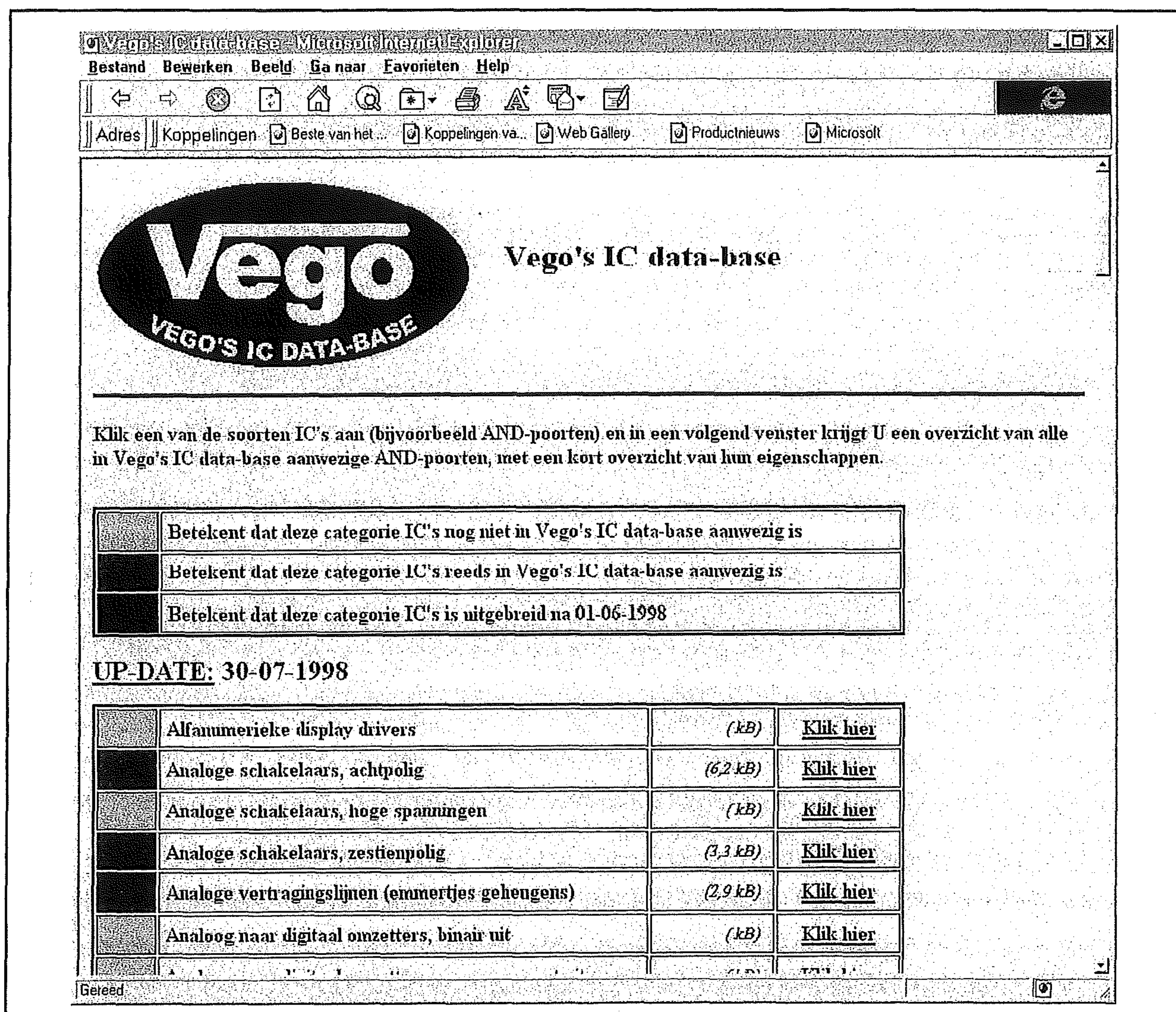

**Figuur 3/8.9.11-9:** Een voorbeeld van de pagina waarin een begrip uit de encyclopedie wordt toegelicht.

In de ontwerp-praktijk gaat het meestal zo, dat het idee voor een bepaalde schakeling eerst op papier wordt uitgewerkt. Men komt er dan achter dat men voor de realisatie van deze schakeling een bepaald IC nodig heeft, stel een AND-poort met drie ingangen. Dan moet men de dikke data-boeken van de fabrikanten gaan raadplegen om het type-nummer van een AND-poort met drie ingangen op te zoeken.
Het is nu deze praktijk-situatie waar de Vego-site op inspeelt! Dit deel van de site bevat een data-base, die duizenden IC's bevat, die *functie-gericht* gecatalogeerd zijn. Bovendien is van ieder IC een korte beschrijving van de specificaties opgenomen.

**Werkwijze**

Via het sub-menu van figuur 3/8.9.11-10 komt men in de IC data-base.
In een tabel wordt verwezen naar niet minder dan 131 kategorieën IC's, van "Alfanumerieke display drivers" tot "Zevensegment display drivers".

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.11-10:** Het openings-menu van "Vego's IC data-base".

Een overzicht van alle kategorieën is opgenomen in figuur 3/8.9.11-11. Ook hier wordt gebruik gemaakt van de kleuren rood en groen om aan te geven welke categorieën IC's wél of nog niet zijn ingevoerd. Maar bovendien wordt hier een derde kleur, geel, geïntroduceerd. Deze kleur geeft aan dat de kategorie na een bepaalde datum is geactualiseerd, met andere woorden is aangevuld met nieuwe IC's.
Dat is een heel handige faciliteit voor de surfer. Als men noteert wanneer men de IC data-base voor de laatste maal bezocht heeft, kan men aan de hand van deze kleur-codering besluiten of het nuttig is een bepaalde kategorie IC's opnieuw te bezoeken.
Na het aanklikken van de link "Klik hier" van een kategorie IC's verschijnt de tabel van figuur 3/8.9.11-12 in het browser-venster. In dit voorbeeld is de kategorie "AND-poorten" aangeklikt. Er verschijnt nu een numeriek gesorteerde lijst van alle AND-poorten die in de data-base aanwezig zijn.

Alfanumerieke display drivers
Analoge schakelaars, achtpolig
Analoge schakelaars, hoge spanningen
Analoge schakelaars, zestienpolig
Analoge vertragingslijnen (emmertjes geheugens)
Analoog naar digitaal omzetters, binair uit
Analoog naar digitaal omzetters, zeven-segment uit
AND-poorten
Array's met darlingtons
Array's met dioden
Array's met MOSFET's
Array's met transistoren
Array's voor hoge spanningen en/of stromen
Audio-opname en -weergave IC's
Auto-elektronica IC's
BCD- of Binair-naar-decimaal omzetters
BCD-tellers
Binaire multipliers
Binaire tellers
Buffers en/of drivers
Clock-generatoren
Code-omzetters
Communicatie interfaces
Companders
Comparatoren (analoog)
Complexe poorten
DAC's voor CD-, DAT-, DCC- en MD- spelers
DC naar DC omzetters
Delta modulatoren en demodulatoren
Demultiplexers (digitaal)
Digitaal naar analoog omzetters, flash-principe
Digitaal naar analoog omzetters, met SAR
Display-decoders
Diverse digitale rekenkundige schakelingen
Drivers en/of buffers
Druk sensoren
DTMF schakelingen (toonpuls telefonie)
Dynamische RAM's
EEPROM-geheugens
Encoders, diverse
EPROM-geheugens
EXOR/EXNOR-poorten
FIFO-registers
Flip-flop's, type D
Flip-flop's, type J/K
Frequentie naar spanning omzetters en vice
Full Adders
Functie generatoren
Gas sensoren
Geheugen-modulen
Infrarood zenders en ontvangers
Interface adapters
Inverters
Kolommen display drivers
Laagfrequent eindversterkers
Laagfrequent schakelingen, diversen
Laagfrequent voorversterkers
Latches
Latches met tri-state uitgangen
Level-shifters
Lichtgevoelige omzetters
Lijn-drivers en -receivers, differentieel
Lijn-drivers en -receivers, single ended
Logaritmische versterkers
Magnetische sensoren
Magnitude comparatoren
Matrix schakelaars
Microcontrollers
Modems
Monostabiele multivibratoren
Multiplexers (digitaal)
NAND-poorten
NOR-poorten
Operational Transconductance Amplifiers (OTA's)
Operationele versterkers, bipolaire ingang
Operationele versterkers, FET-ingang
Operationele versterkers, hoge uitgangsstromen
Optische koppelaars van 220 V naar schakeling
Optische koppelaars van LED naar darlington
Optische koppelaars van LED naar detector
Optische koppelaars van LED naar logica
Optische koppelaars van LED naar MOSFET
Optische koppelaars van LED naar thyristor of triac
Optische koppelaars van LED naar transistor
Optische schakelingen, diversen
OR-poorten
Pariteitsgeneratoren
Periferie-drivers
Phase Locked Loop's (PLL)
Potentiometers
Prescalers (hoogfrequente frequentiedelers)
Pyro-elektrische sensoren
Radio-ontvangers, complete (sub)systemen
Register files
Rekenkundige schakelingen (digitaal)
RMS-omzetters
ROM-geheugens
RS-232 drivers en receivers
RS-422 of RS-485 drivers en receivers
RS-422A of RS-423A drivers en receivers
Sample and Hold schakelingen (S&H)
Schmitt-trigger poorten
Schuifregisters
Solid State Relais
Spanningsreferenties
Spanningsvolgers en buffers
Stabilisatoren, vaste uitgangsspanning
Stabilisatoren, shunt-principe
Stabilisatoren, symmetrische uitgangsspanningen
Stappenmotor drivers
Statische RAM's
Stereo-decoders
Stroombronnen en -spiegels
Successive Approximation Registers (SAR's)
Tellers met afwijkende codes
Tellers met gedecodeerde uitgangen
Tellers met preset-ingangen
Temperatuur sensoren
Thermokoppel versterkers
Timers en Counters (digitaal)
Toon decoders
Toon generatoren
Toonregel schakelingen
Transceivers
TV schakelingen
Vermenigvuldigers (analoog)
Video Display Controllers
Video omschakelaars
Vocht sensoren
Voltage Controlled Oscillators
Zeven-segment display drivers

**Figuur 3/8.9.11-11:** Een overzicht van de 131 kategorieën IC's, die in de data-base worden opgenomen.

**8.9 Software voor de ontwerper**

| | |
|---|---|
| 4073 | AND-poort, 3 x 3 in |
| 4081 | AND-poort, 4 x 2 in |
| 4082 | AND-poort, 2 x 4 in |
| 7408 | AND-poort, 4 x 2 in |
| 7409 | AND-poort, 4 x 2 in, open collector |
| 7411 | AND-poort, 3 x 3 in |
| 7415 | AND-poort, 3 x 3 in, open collector |
| 7421 | AND-poort, 2 x 4 in |
| 10104 | AND-poort, 4 x 2 in |
| 14073 | AND-poort, 3 x 3 in |
| 14081 | AND-poort, 4 x 2 in |

**Figuur 3/8.9.11-12:** Een overzicht van alle AND-poorten, die in de IC data-base aanwezig zijn.

Ieder IC wordt in het kort beschreven, wat er bij dit soort schakelingen natuurlijk alleen op neer komt dat het aantal poorten in het IC wordt vermeld, met het aantal ingangen per poort. Ook het gegeven of de uitgangen "open collector" zijn is belangrijk en wordt dus vermeld in de tabel.

# Overzicht van andere elektronica-sites

## Inleiding

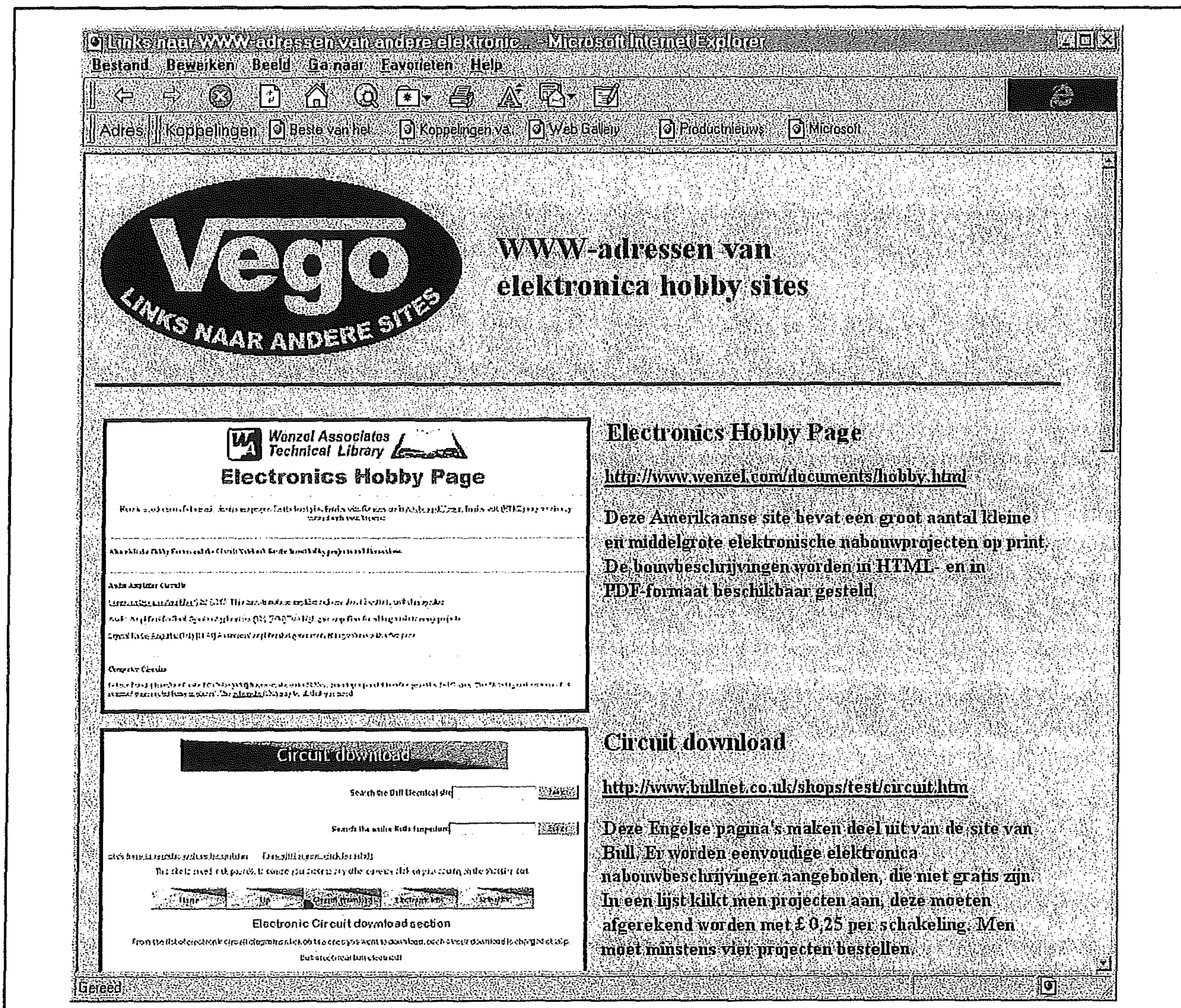
Zoals reeds geschreven in de inleiding zit het Internet vol met informatie over elektronica. Men moet het alleen weten te vinden! Invoeren van de zoek-term "electronics" in een zoek-robot als "Yahoo" levert duizenden verwijzingen op, een aantal waar men in de praktijk niet erg veel mee kan. Vego heeft in de loop der jaren, langzaam maar zeker, een uitgebreide data-base opgebouwd van URL's van fabrikanten die iets te melden hebben op de gebieden "elektronica" en "computer hardware en software". Die data-base bevat inmiddels meer dan 1.500 links. Die informatie is omgezet in HTML-codering en op de Vego-site gezet.

## Werkwijze

Na aanklikken van de selectie "Ga naar een overzicht van andere elektronica-sites" in het hoofd-menu van figuur 3/8.9.11-2 komt men in een sub-menu met drie keuzen:

- WWW-adressen van andere elektronica-hobby site's;
- WWW-adressen van IC-fabrikanten;

**8.9 Software voor de ontwerper**



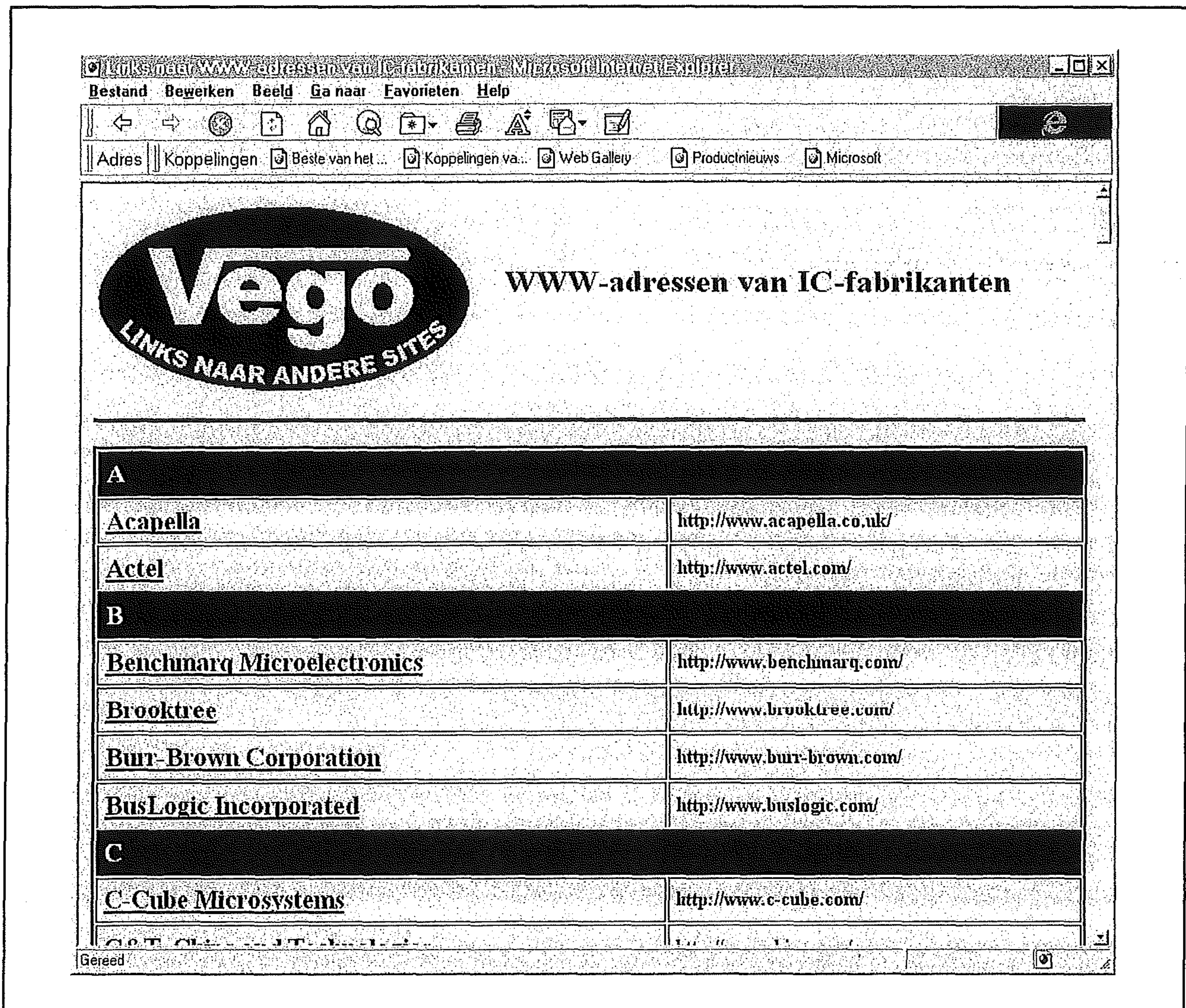

**Figuur 3/8.9.11-13:** Een overzicht van andere elektronica-hobby site's, met plaatjes van de home-pages.

- WWW-adressen van hard- en software leveranciers.

**Elektronica-hobby site's**
Dit onderdeel kan men laden mét of zonder illustraties. Wie kiest om deze pagina te zien mét illustraties krijgt te maken met een groot bestand. Want, zoals uit figuur 3/8.9.11-13 blijkt, hebben de ontwerpers van de Vego-site er voor gekozen bij iedere verwijzing een plaatje op te nemen van de home-page van de betreffende site. Dat kan heel informatief zijn, maar het zal duidelijk zijn dat dit heel wat down-load tijd kost. Vandaar dat gelukkig de optie "Laden zonder illustraties" ter beschikking staat. Men krijgt dan alleen de tekst, die rechts in figuur 3/8.9.11-13 staat, in het browser-venster. Door het aanklikken van de onderstreepte URL's kan men uiteraard onmiddellijk contact opnemen met de betreffende Internet-site.

**WWW-adressen van IC-fabrikanten**
Deze optie brengt de surfer bij het venster dat is weergegeven in figuur 3/8.9.11-14.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.11-14:** Een overzicht van de URL's van alle in de data-base aanwezige fabrikanten van geïntegreerde schakelingen.

Ook hier is voor een tabel-vorm gekozen en krijgt men een alfabetisch overzicht van ongeveer 450 IC-fabrikanten. Aanklikken van de naam van de fabrikant activeert de link.

**Opmerking**

Uit experimenten is gebleken dat het down-loaden van de zeer uitgebreide tabel-pagina's met de WWW-adressen van IC-fabrikanten en leveranciers van hard- en software te veel tijd kost. Vandaar dat de ontwerpers van de Vego-site hebben besloten hiervoor een alfabetische benadering te kiezen. Dit deel van de Vego-site zal worden bewerkt en wel zo dat men toegang krijgt volgens het idee dat in figuur 3/8.9.11-7 is weergegeven: een tabel waarop men op een van de letters van het alfabet kan klikken. Nadien verschijnt een tabel in beeld met alleen die fabrikanten waarvan de naam begint met de aangeklikte letter.

## 8.9 Software voor de ontwerper

# 3/8.9.12

# Schema's tekenen met Abacoms sPlan versie 5.0

## Inleiding

### Eenvoudig professionele schema's tekenen

Er bestaan mooie, maar dure en ingewikkelde programma's voor het tekenen van elektronische schema's. Die programma's zijn zo duur en zo ingewikkeld, omdat zij ontworpen zijn voor de professionele elektronicus die dagelijks zeer complexe schema's moet tekenen die uit diverse deelschema's bestaan die onderling gekoppeld moeten worden. Bovendien kan men deze schema's rechtstreeks exporteren naar printontwerp programma's, waardoor het ontwerpen van de print eenvoudiger wordt. Voor de student en hobbyist, die af en toe een zélf ontworpen schakelingetje wil documenteren met een geschreven verslag of zijn experimenten op het Internet wil zetten, zijn dergelijke programma's ongeschikt. Door de Duitse firma "ABACOM Ingenieurgesellschaft" wordt al jaren een betaalbaar alternatief aangeboden, "sPlan" genoemd. Inmiddels is versie 5.0 van dit programma uitgebracht en het eens op één floppy geleverd programma is uitgegroeid tot een volwaardig maar nog steeds spotgoedkoop alternatief voor de duurdere soortgenoten: voor rond de vijftig euro kunt u het programma het uwe noemen.

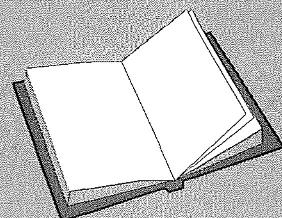
### Echt 32 bit programma

Het eerste dat opvalt is dat versie 5.0 van het programma nu op CD-ROM wordt geleverd en tweetalig wordt geïnstalleerd: Duits of Engels. Het is een volwaardige 32 bit applicatie, zodat alle voordelen van 32 bit programma's volledig worden ondersteund. De bekendste daarvan is uiteraard het gebruik van lange bestandsnamen en de standaard dialoogvensters die iedereen kent van Windows 95 en opvolgers. Nadeel is wel dat het programma niet meer draait onder Windows 3.x.

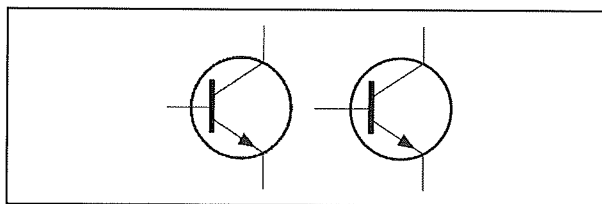
### Vectorgrafiek

Een van de spectaculairste vernieuwingen van de versies 4.0 en 5.0 is zonder meer dat de elektronische symbolen uit de bibliotheek uit vectorgrafieken zijn samengesteld. De voordelen zijn evi-

**LEES OOK:**
**Hoofdstuk 3/8.9.9**



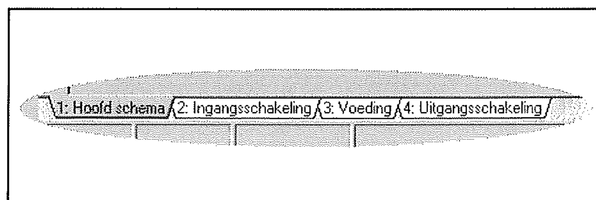
dent. Bij de vorige versies waren de symbolen bitmap's. Als u een ontworpen schema bij het printen uitvergrootte, dan kregen de symbolen rafelige randen, zie figuur 3/8.9.12-1 links. Bij vector's worden alle grafische elementen, waaruit een symbool is samengesteld, onder de vorm van wiskundige formules opgeslagen. Als u zo'n vectorsymbool vergroot, dan berekent het programma de vorm van het symbool opnieuw aan de hand van de formules. Het gevolg is dat het vergrote symbool zonder kwaliteitsverlies in de maximale kwaliteit van de printer op papier verschijnt.



**Figuur 3/8.9.12-1:** Het voordeel van vectorgrafiek: vergroot u een schema uit, dan blijven vectoren (rechts) haarscherp.

**Projecten bevatten meerdere pagina's**
"sPlan" versie 5.0 werkt met projecten. Een project kan uit meerdere pagina's bestaan, die ieder één schema bevatten. Iedere pagina krijgt een eigen naam, u kunt van pagina naar pagina gaan door onderaan op een van de tab's te klikken, zie figuur 3/8.9.12-2. Iedere pagina kan uit het project worden verwijderd. De pagina's kunnen worden gesorteerd in het project en het is altijd mogelijk een project met een of meerdere pagina's uit te breiden.

**Uitgebreide tekenfuncties**
"sPlan" versie 5.0 is uitgebreid met standaard tekenfuncties, zoals voor lijnen, cirkels en vierkanten. Deze functies zijn oproepbaar tijdens het tekenen van een schema en tijdens het ontwerpen van nieuwe symbolen. Ook hierbij wordt gewerkt met vectorgrafiek. Alle elementen van de objecten kunnen afzonderlijk worden aangepast wat betreft kaderkleur, lijndikte, vulkleur, etc.




**Figuur 3/8.9.12-2:** "sPlan" versie 5.0 werkt met projecten, die meerdere pagina's kunnen bevatten.

**Uitgebreide exportfaciliteit**
De schema's kunnen worden geëxporteerd als BMP-, GIF- en EMF-grafiek. De resolutie van de bitmap is vrij instelbaar, zodat u schema's zowel met lage resolutie kunt bewaren voor Internet-toepassingen als met hoge resolutie voor het invoegen in verslagen en rapporten.

**Achtergrond-sjablonen**
Achter ieder schema kunt u een zogenaamd achtergrond-sjabloon opnemen. Dat kan bijvoorbeeld gegevens bevatten over de ontwerper van het schema, een bedrijfslogo bevatten en teken- en revisie-data. Deze sjablonen kunnen afzonderlijk worden bewaard en achter ieder schema worden geplaatst.

**Bekende specificaties**
Natuurlijk bevat ook versie 5.0 de bekende opties van de vorige versies, zoals:
- Een onder het tekenvel aanwezig onzichtbaar "magnetisch raster" zorgt ervoor dat alle onderdelen automatisch horizontaal en verticaal uitgelijnd worden, zodat het verbinden van de

componenten met rechte lijnen een fluitje van een cent is.

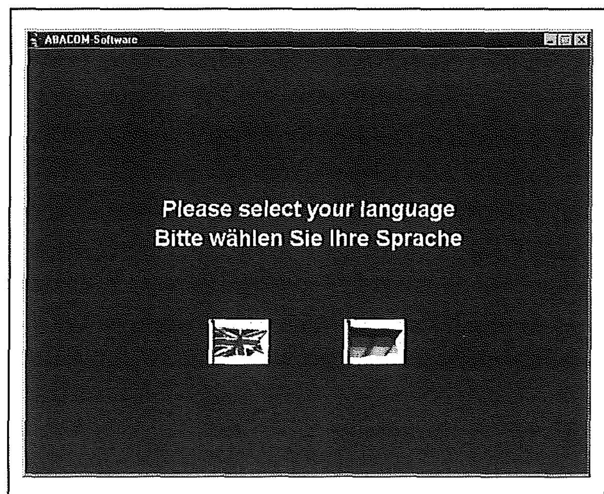
- Ieder getekend onderdeel, lijn of tekst wordt als een afzonderlijk object behandeld dat te verplaatsen, te draaien, te copiëren en te bewerken is.
- Knooppunten tussen lijnen kunnen met één klik op de muis aangebracht worden.
- Objecten kunnen gegroepeerd en naar het "Klembord" verplaatst worden. Nadien kan men deze met één muisklik elders op het tekenvel kopieren, zodat zich herhalende structuren niet telkens opnieuw getekend moeten worden.
- De 39 bibliotheken met onderdelen kunnen op een eenvoudige manier uitgebreid worden, waarbij nieuwe onderdelen in bestaande bibliotheken ondergebracht kunnen worden of in nieuwe.
- Onderdelen kunnen van de ene naar de andere bibliotheek verplaatst worden.
- Het programma heeft een automatische doornummerfunctie, waarbij bijvoorbeeld alle getekende weerstanden automatisch van R1 tot en met Rn genummerd worden. Deze functie werkt niet alleen in één schema maar desgewenst ook in alle schema's van één project. U kunt de manier van nummeren instellen.
- Het programma kan volledig automatisch een onderdelenlijst genereren, die als tekstbestand geëxporteerd kan worden. Ook deze functie werkt per pagina of desgewenst per project.
- Via een zoekfunctie kunt u gaan zoeken naar een onderdeel in een project.
- Het programma heeft een uiterst gebruikersvriendelijke "Print"-optie, waarmee getekende schema's op een schaal van 10 % tot 400 % op papier gezet kunnen worden.
- Het programma wordt geleverd met een licentie-vrije "Viewer", waarmee iedereen uw "sPlan"-schema's kan bekijken en afdrukken.

**Systeemeisen**

"sPlan" versie 5.0 stelt werkelijk minimale eisen aan uw systeem. Iedere versie van Windows vanaf 95 is goed, het programma neemt maximaal 6 MB ruimte op uw harde schijf in beslag.

**Installatie**

De CD-ROM start vanzelfsprekend automatisch op en verrast de gebruiker in eerste instantie met een taalselectie scherm, zie figuur 3/8.9.12-3.

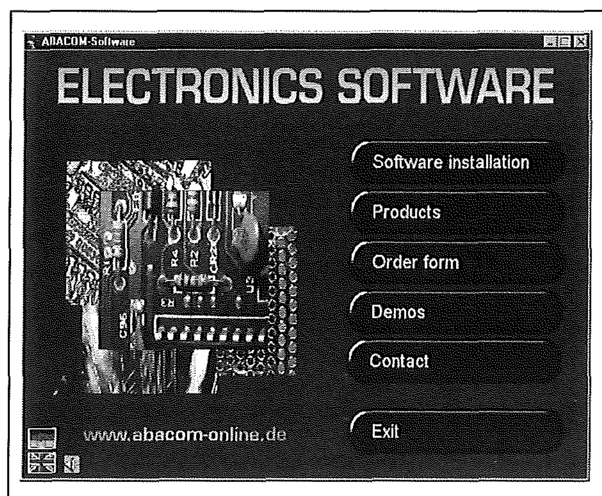



**Figuur 3/8.9.12-3:** Abacom-software wordt tegenwoordig tweetalig geleverd: Duits of Engels.

U kunt dus kiezen uit een Duits- of Engelstalige installatie. Alle menu's en helpteksten worden aan de taalselectie aangepast.

Nadien verschijnt het venster van figuur 3/8.9.12-4 op uw scherm. Iedere

CD-ROM bevat demo's van alle Abacom-programma's. Via de optie "Software installation" wordt het programma volledig automatisch geïnstalleerd.




**Figuur 3/8.9.12-4:** Het installatievenstertje van het programma.

**Directory selecteren**

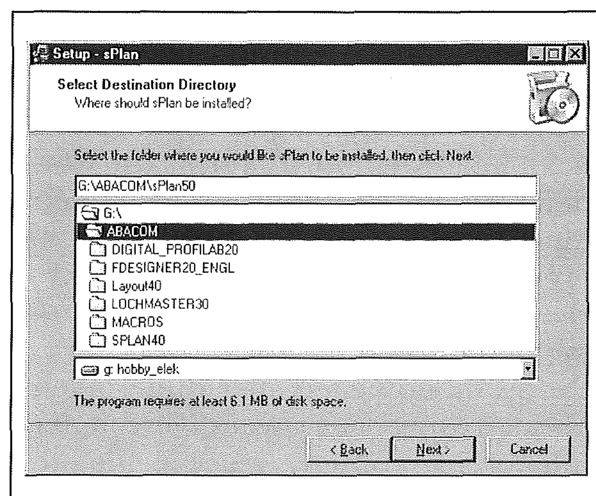
Het enige dat u moet doen is via het venstertje van figuur 3/8.9.12-5 de gewenste installatiedirectory selecteren. Ondanks de talrijke vernieuwingen is het programma nog steeds zeer bescheiden. Er worden 79 bestanden geïnstalleerd met een totale omvang van slechts 5,2 MB! De symbolen zitten in LIB-bestanden in de subdirectory BIBO.

**Belangrijke opmerking**

In de directory BIBO mogen alleen .LIB-bestanden staan! Als u hier andere bestanden neerzet slaat het programma op tilt.

**Het werkvenster van "sPlan"**

Na het opstarten van "SPLAN50.EXE" verschijnt het werkscherm van figuur 3/8.9.12-6 in beeld. Uiteraard werd hier al een voorbeeldschema ingelezen. Onder de menubalk bevindt zich een knoppenbalk met de 24 meest gebruikte menu-opties. Het linker venster bevat alle beschikbare onderdelen in een van de bibliotheken. Het programma start steeds op met de eerste bibliotheek, namelijk "Accustics", paraat.




**Figuur 3/8.9.12-5:** In dit venstertje wordt de installatiedirectory opgegeven.

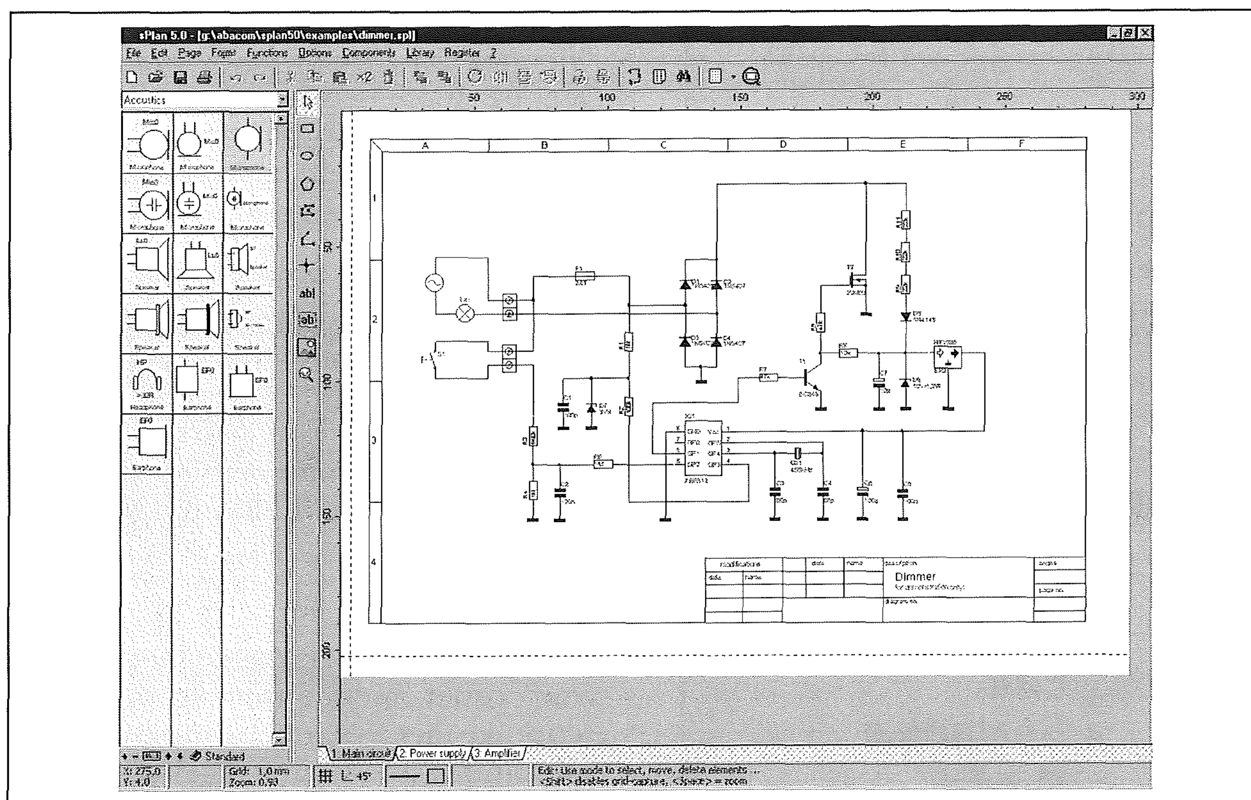
Rechts staat het grote tekenvenster. De scheiding tussen beide vensters kan worden verschoven. Onder in beeld staat de "Status"-balk, waarin mededelingen verschijnen over de actie die op een bepaald moment wordt uitgevoerd. Tussen het bibliotheek- en het tekenvenster treft u een verticale lijst aan, waarin de elf vaakst gebruikte tekengereedschappen paraat staan.

# Belangrijke begrippen

**Componenten**

Het belangrijkste begrip in een programma als "sPlan" zijn natuurlijk de componenten, die u gebruikt voor het tekenen van de schema's. "Splan" versie 5.0 bevat honderden kant-en-klare componenten.

**8.9 Software voor de ontwerper**

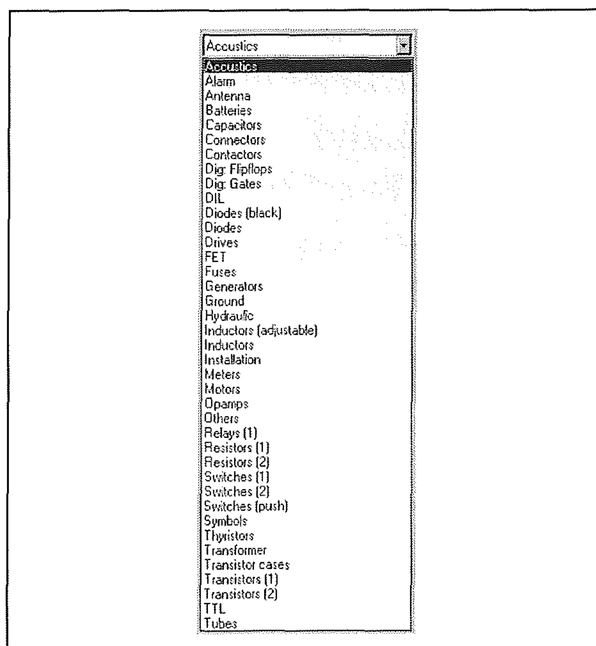



**Figuur 3/8.9.12-6:** Het werkvenster van "Splan" versie 5.0.

Deze zijn gegroepeerd in de 39 bibliotheekpagina's die in figuur 3/8.9.12-7 zijn voorgesteld. Via het keuzevenster, boven in beeld, selecteert u een van de bibliotheekpagina's.
In figuur 3/8.9.12-8 hebben wij enige tientallen componenten op één vel verenigd, waardoor u een alles behalve compleet overzicht krijgt van de onderdelen die u kunt gebruiken. Interessant is de laatste pagina "Tubes". "sPlan" versie 5.0 geeft u toegang tot 13 symbolen van buizen, van diode tot penthode. In de pagina "TTL" treft u tientallen complete IC's uit de 7400-serie aan.

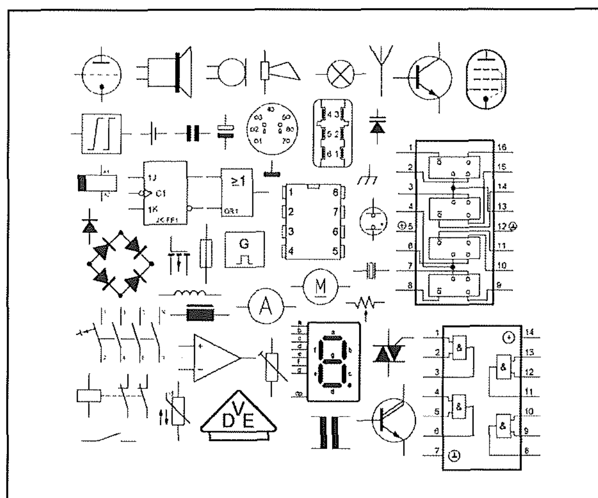
### De gereedschapsbalk

Tussen het venster van de bibliotheek en het tekenvel staat een knoppenlijst met elf knoppen.

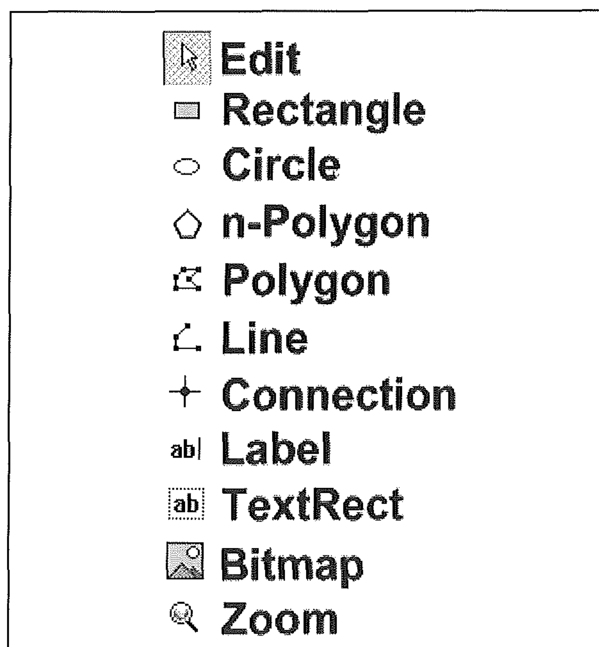



**Figuur 3/8.9.12-7:** De 39 pagina's uit de bibliotheek met componenten.

**8.9 Software voor de ontwerper**



**Figuur 3/8.9.12-8:** Tientallen symbolen van componenten op één pagina verenigd.



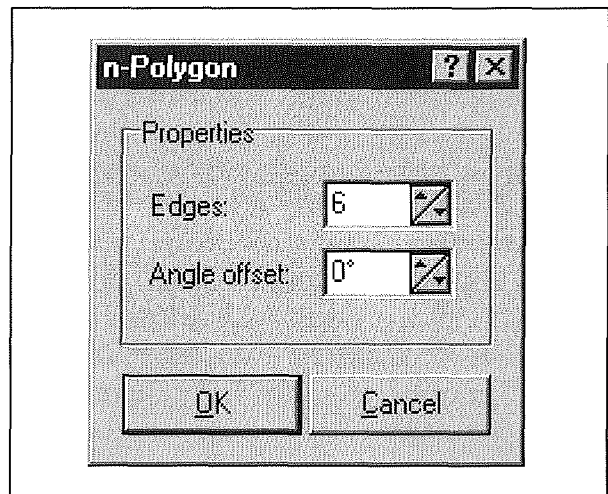

**Figuur 3/8.9.12-9:** De elf gereedschapsknoppen.

Dit zijn de knoppen waarmee u basisfuncties van het pakket bereikt, zie figuur 3/8.9.12-9. Hoewel op sommige gereedschappen later uitgebreid wordt ingegaan, zullen we hier even in het kort de functie ervan beschrijven.

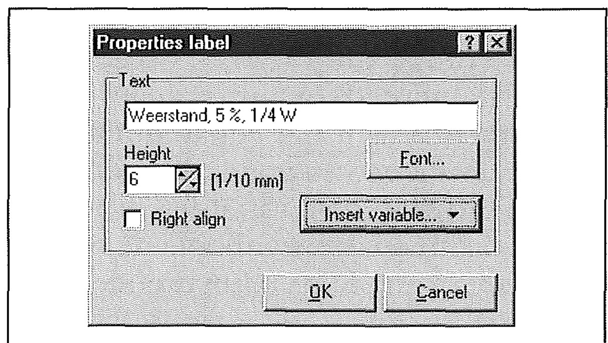
- Edit
  Met deze mode selecteert u onderdelen op uw tekenvel waarmee u iets moet doen, bijvoorbeeld verwijderen, vergroten, verkleinen, verplaatsen of draaien.
- Rectangle
  Gereedschap voor het tekenen van vierkanten en rechthoeken. U klikt met de linker muisknop in een hoekpunt van de rechthoek en tekent nadien met de muis de gewenste rechthoek. U sluit af met een hernieuwde druk op de linker muisknop. Met een druk op rechts verlaat u dit gereedschap.
- Circle
  Hiermee tekent u cirkels. U zet de cursor op het middelpunt van de cirkel en klikt met de linker muisknop om dit punt vast te leggen. Nadien tekent u met de muis een mooie cirkel en sluit af met een nieuwe druk op de linker muisknop. Met een druk op de rechter muisknop verlaat u dit gereedschap.
- n-Polygon
  Met dit werktuig tekent u regelmatige veelhoeken. Tekenen is in feite iets teveel gezegd, in het venstertje van figuur 3/8.9.12-10 vult u het aantal hoeken ("Edges") en de hoekverdraaiing ten opzichte van de horizon ("Angle offset") in. Na een klik op "OK" plakt een klein veelhoekje aan de muiscursor. U klikt met de linker muisknop op de plaats waar u het middelpunt van de veelhoek wilt hebben en sleept nadien tot de veelhoek de gewenste grootte heeft.
- Polygon
  Met dit gereedschap tekent u snel willekeurige veelhoeken. U klikt met de linker muisknop in een hoekpunt van

de figuur en tekent de veelhoek door de muis te verplaatsen naar ieder volgend hoekpunt. Door een druk op de rechter muisknop wordt de veelhoek gesloten.

- Line
  Hiermee tekent u lijnen. U klikt met de linker muisknop op het beginpunt van de lijn. U verplaatst de cursor naar het eindpunt van de lijn of naar een hoekpunt en klikt weer met de linker muisknop. Is de lijn klaar, dan klikt u even met de rechter muisknop.
- Connection
  Met dit werktuig tekent u de "bolletjes" die in de meeste Europese schema's aangeven dat twee lijnen elektrisch met elkaar verbonden zijn. U verplaatst het assenkruis van de cursor naar de gewenste plaats en klikt met de linker muisknop.
- Label
  Hiermee zet u teksten in uw schema. Na het aanklikken van de betreffende knop verschijnt het venster van figuur 3/8.9.12-11 in beeld. Hierin vult u de tekst ("Text") in, bepaalt de hoogte in mm ("Height") en het soort letter ("Font"). Na een klik op de knop "OK" wordt de tekst geplaatst. Op de interessante functie "Insert variable" komen wij later terug.
- TextRect
  Met "Label" kunt u alleen korte teksten plaatsen. Met dit interessant nieuw werktuig in versie 5.0 kunt u grote lappen tekst in uw schema opnemen. Na aanklikken van de betreffende knop moet u eerst een tekstvenster in uw schema opnemen (klikken met de linker muisknop en cursor verslepen). Nadien verschijnt het venster van figuur 3/8.9.12-12 in beeld, waar u een groot editvenster ter beschikking krijgt voor het schrijven van hele verhalen. U kunt ook nu de hoogte ("Height") en de lettersoort ("Font") instellen maar bovendien met "Alignment" de uitlijning van de tekst vastleggen op links, rechts of gecentreerd.
- Bitmap
  Met dit gereedschap voegt u illustraties in uw schema in, wij komen hier later op terug.
- Zoom mode
  Met dit gereedschap zoomt u in of uit op uw board. Met klikken op de linker muisknop zoomt u in, met klikken op de rechter muisknop zoomt u uit.

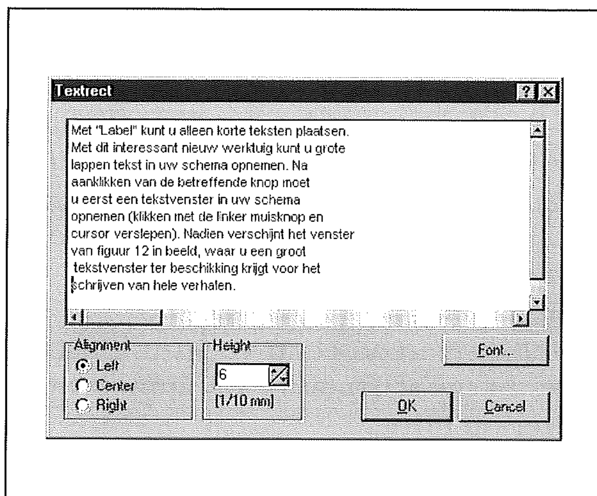



**Figuur 3/8.9.12-10:** Het tekenen van regelmatige veelhoeken met "n-Polygon".

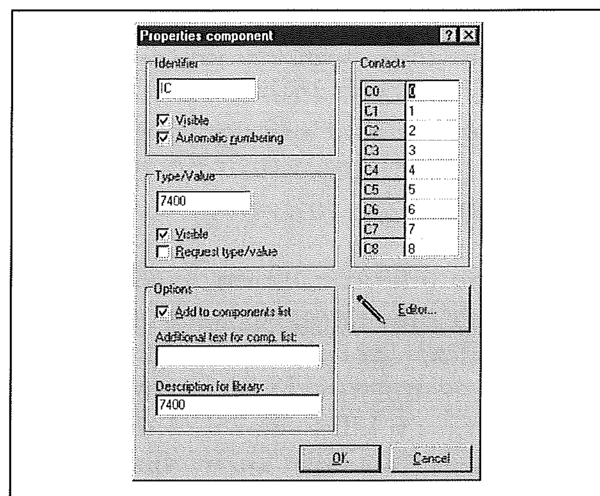



**Figuur 3/8.9.12-11:** Het schrijven van kleine teksten met "Label".

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.12-12:** Met "TextRect" kunt u grote hoeveelheden tekst in uw schema invoegen.



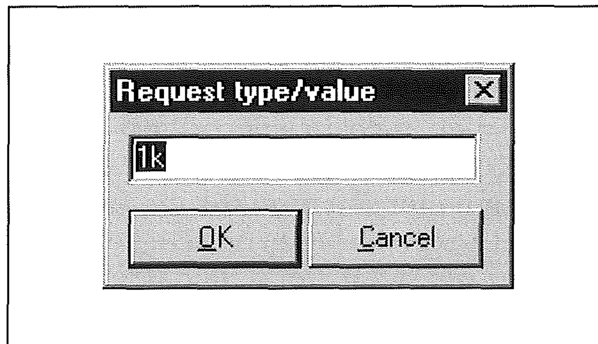

**Figuur 3/8.9.12-13:** Het venster "Properties component" waarin u alle eigenschappen van een onderdeel definieert.

## Component properties

Een belangrijk begrip binnen "sPlan" zijn de eigenschappen van een component, oftewel de "Component properties". Die eigenschappen worden niet alleen gebruikt bij het tekenen van de componenten, maar ook bij het samenstellen van de onderdelenlijst en het identificeren van een onderdeel in de bibliotheek. U krijgt er vaak mee te maken! U krijgt toegang tot het venster van figuur 3/8.9.12-13 door in het bibliotheekvenster met de rechter muisknop op een component te klikken. Er verschijnt dan een pop-up venster waarin u met de linker muisknop "Component properties" selecteert. U kunt ook met de rechter muisknop klikken op een onderdeel dat u reeds op uw tekenvel heeft aangebracht. Als u het eerste doet, dan kunt u de eigenschappen wijzigen van alle onderdelen die u vanaf dat moment met het aangepaste symbool uit de bibliotheek tekent. Doet u het tweede, dan verandert u alleen de eigenschappen van het specifieke onderdeel in uw schema.

In het venster kunt u een heleboel specificaties van het onderdeel instellen.

- Identifier
  Een letter, gevolgd door een nummer, bijvoorbeeld R1 voor een weerstand. U kunt ook het nummer weglaten en de optie "Automatic numbering" aanvinken. "sPlan" zal dan alle componenten met de identifier "R" automatisch nummeren, zie later.
- Visible
  Door deze optie aan te vinken wordt de identifier op het tekenvel naast het onderdeel geplaatst.
- Type/Value
  Vul hier het typenummer of de waarde van het onderdeel in. Met "Visible" zorgt u ervoor dat het typenummer of de waarde in het schema verschijnt.
- Request for type/value
  Een handige optie! Vinkt u deze aan, dan verschijnt het venstertje van figuur 3/8.9.12-14 na plaatsing van een onderdeel op het tekenvel, waarin u de waarde of het typenummer snel kunt invullen.

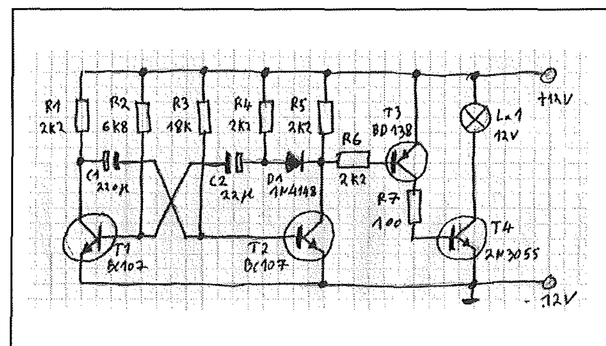



**Figuur 3/8.9.12-14:** In dit venstertje kunt u de waarde of het typenummer van een onderdeel invullen.

- Options
  Met "Add to component list" zorgt u ervoor dat het onderdeel automatisch in de door "sPlan" gegenereerde onderdelenlijst wordt opgenomen.
  In "Additional text for comp. list" kunt u een extra tekst invullen, die alleen in de onderdelenlijst verschijnt.
  In "Description for library" vult u een tekst in waarmee het onderdeel in de bibliotheek herkenbaar wordt. Gebruikt u bijvoorbeeld vaak een transistor van het type BC107, dan zou u het standaard symbool van een transistor kunnen kopiëren, er de "Type/Value" "BC107" aan kunnen toekennen en via "Description for library" het onderdeel als "BC107" kunnen opnemen in een pagina van uw bibliotheek.
- Editor
  Met de "Editor"-knop opent u een tekenvenster, waarmee u het symbool kunt aanpassen. Wij komen daar later op terug.
- Contacts
  Aan ieder contact van een onderdeel kunt u een beschrijving koppelen via de "Editor". Ook op deze nieuwe functie van versie 5.0 komen wij later uitgebreid terug.

# Aan de slag

**Een eenvoudig schema als voorbeeld**
Hiermee hebben wij uiteraard lang niet alle functies en opties van "sPlan" versie 5.0 behandeld. Maar in plaats van al deze opties een na een te beschrijven gaan wij, samen met u, het programma verkennen aan de hand van een zeer eenvoudig voorbeeld. In figuur 3/8.9.12-15 is een schemaatje getekend van een knipperlicht met groot vermogen. U zou dit schema kunnen gebruiken om een lamp aan te sturen als uw inbraakalarm wordt geactiveerd. De 12 V lamp La1 kan een vermogen van 48 W hebben, meer dan genoeg om in een duistere nacht de hele straat aan te lichten.




**Figuur 3/8.9.12-15:** Het eenvoudig schema dat wij met "sPlan" gaan tekenen.

**Logische stappen**
Bij het tekenen van een schema voert u een aantal logische stappen uit, namelijk:
- een tekenvel prepareren;
- uw schema een naam geven;
- uw project een naam geven;
- eventueel een achtergrond-sjabloon laden;
- onderdelen op het tekenvel plaatsen;
- onderdelen van een waarde en/of typenummer voorzien;

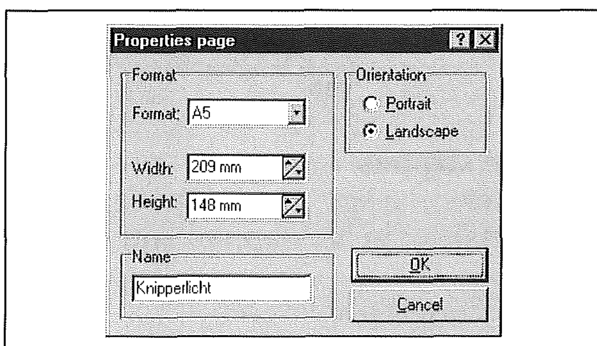
**8.9 Software voor de ontwerper**

- verbindingslijnen trekken;
- connections invoegen;
- eventueel aanvullende teksten schrijven;
- onderdelen logisch nummeren;
- eventueel een onderdelenlijst samenstellen;
- uw schema printen.

Deze logische gang van zaken wordt volledig door het programma ondersteund.

**Stap 1: een tekenvel klaarmaken**

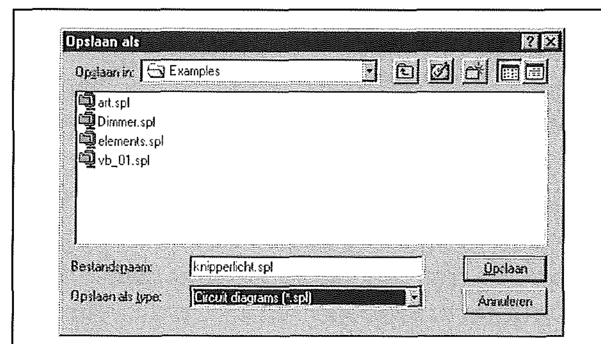
De eerste stap is het voorbereiden van het tekenvel. Dat gaat via het menu “File” en de optie “New”. U krijgt nu een leeg tekenvel in beeld. Ga vervolgens naar het menu “Page” en selecteer de optie “Page properties”. In het venstertje van figuur 3/8.9.12-16 kunt u nu de afmetingen van het tekenvel selecteren (“Format”). U kunt kiezen uit de bekende standaard papierformaten, maar ook eigen afmetingen definiëren. Voor zo’n klein schemaatje kiezen wij A5 en selecteren als oriëntatie liggend (“Landscape”). In het vakje “Name” kunt u het schema een naam geven, bijvoorbeeld “Knipperlicht”.




**Figuur 3/8.9.12-16:** Het voorbereiden van het tekenvel.

**Stap 2: uw project bewaren**

Zoals reeds geschreven, slaat “sPlan” uw schema op als project. In ieder project kunt u meer dan een schema opnemen. U kunt dus een uitgebreide schakeling op meer dan een vel papier tekenen en al die vellen toch in één project opnemen. Als u het project later weer opent, dan kunt u met één muisklik van het ene naar het andere schema omschakelen. U heeft nu weliswaar het schema de naam “Knipperlicht” gegeven, maar nog geen naam verzonnen voor het project. Ga dus naar het menu “File” en selecteer de optie “Save as”. U kunt nu in het bekende Windowsvenster van figuur 3/8.9.12-17 het project een unieke naam geven. Projecten worden opgeslagen als .SPL-bestanden, een eigen bestandsformaat van “sPlan” dat u in andere programma’s niet kunt openen.

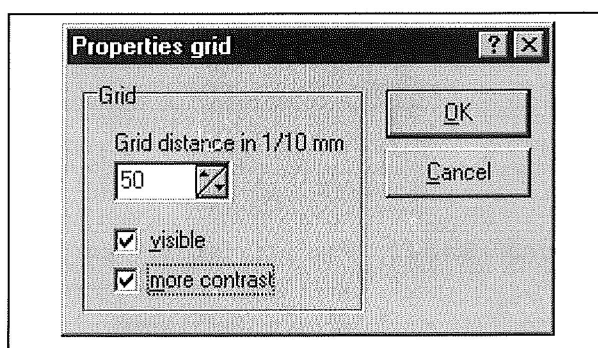



**Figuur 3/8.9.12-17:** Uw project heeft nu een eigen naam en kan later weer worden geopend.

**Stap 3: het magnetisch raster instellen**

Vervolgens doet u er zeer verstandig aan het magnetisch raster in te stellen, via het menu “Options” en de optie “Grid”, zie figuur 3/8.9.12-18. U kunt hier de resolutie van het magnetisch raster instellen in veelvouden van 0,1 millimeter. Stelt u dit bijvoorbeeld in op 5 mm, dan kan de cursor bij het tekenen alleen in veelvouden van 5 mm over het tekenvel springen. Op deze manier kunt u natuurlijk heel gemakkelijk onderdelen

ten opzichte van elkaar uitlijnen. In dit venstertje kunt u ook instellen of het raster al dan niet zichtbaar moet zijn ("visible") en de rasterlijnen goed zichtbaar maken ("more contrast"). Wij hebben het kladschema van figuur 3/8.9.12-15 getekend op ruitjespapier met een raster van 5 mm, het is dus voor de hand liggend dat wij het magnetisch raster van "sPlan" op dezelfde maat instellen.




**Figuur 3/8.9.12-18:** In dit venstertje stelt u de specificaties van het magnetisch raster in.

**Uitschakelen van het magnetisch raster**

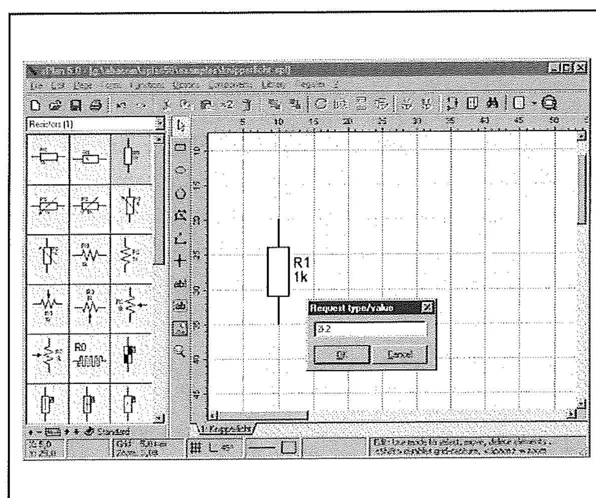
Hoewel het magnetisch raster een zeer nuttige utility is, kan het soms toch noodzakelijk zijn onderdelen of lijnen te tekenen tussen de punten van het raster. Als u, tijdens het plaatsen van onderdelen of lijnen, de Shift-toets ingedrukt houdt wordt het raster even uitgeschakeld en kunt u de cursor vrij over het tekenvel bewegen. Een tweede methode om het raster uit te schakelen is klikken op het rasterpictogram, links onder in de onderste knoppenbalk.

**Stap 4: een achtergrond-sjabloon selecteren**

Noodzakelijk is het niet, maar gebruik van een achtergrond-sjabloon geeft een schema een professioneel cachet. Bij dit eenvoudige voorbeeld laten wij dit even, op deze functie komen we later uitgebreid terug.

**Stap 5: weerstanden tekenen**

We kunnen beginnen met het tekenen van de onderdelen op het vel. Het ligt voor de hand te beginnen met het tekenen van de weerstanden. Klik eerst op het gereedschap "Edit", open de bibliotheekpagina "Resistors (1)" en selecteer de horizontale weerstand met de muis. Klik met de rechter muisknop op de weerstand en selecteer in het pop-up venster de optie "Component properties". Klik in het venster van figuur 3/8.9.12-13 de optie "Request type/value" aan en sluit dit venster. Ga weer naar de weerstand, druk de linker muisknop in en sleep de weerstand naar het tekenvel. Na loslaten van de muisknop wordt de weerstand in het schema opgenomen, zie figuur 3/8.9.12-19, en verschijnt het venstertje van figuur 3/8.9.12-14 in beeld. Vul hier "2k2" in.




**Figuur 3/8.9.12-19:** We hebben de eerste weerstand van het schema geplaatst.

Op dezelfde manier kunt u vervolgens alle overige weerstanden plaatsen, waar-

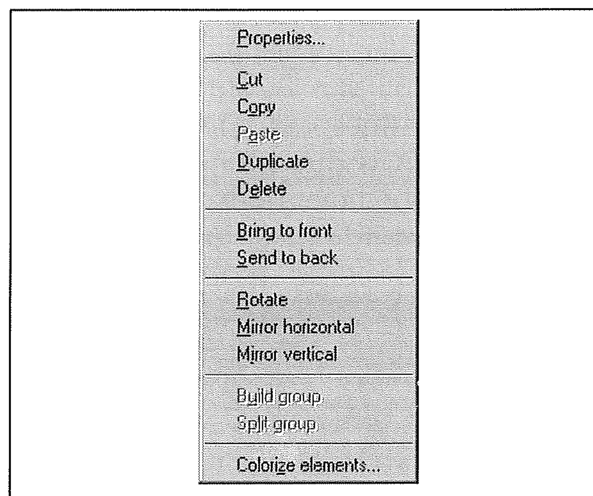
bij het 5 mm raster van ons kladje goede diensten bewijst bij het op de juiste plaats zetten van de weerstanden. U zult opmerken dat de weerstanden automatisch worden doorgenummerd. Logisch, want de ontwerpers van Abacom hebben in de "Component properties" de optie "Automatic numbering" (zie figuur 3/8.9.12-13) voor alle componenten geactiveerd.

### Stap 6: de overige componenten tekenen

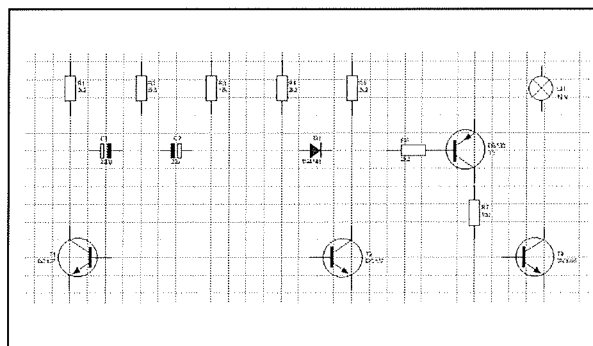
Op dezelfde manier kunt u de transistoren, de condensatoren de diode en de lamp tekenen. Bij het tekenen van de transistor T1 doet zich het probleem voor dat het symbool van een transistor met basis rechts niet aanwezig is in de pagina "Transistors (1)". Geen probleem: teken de transistor op de beschreven manier, klik met de rechter muisknop op het onderdeel en selecteer in het pop-up menu van figuur 3/8.9.12-20 de optie "Mirror horizontal". De transistor wordt 180° gedraaid rond de horizontale as. Op dezelfde manier kunt u transistor T3 rond de verticale as draaien ("Mirror vertical"), zodat de emitter boven komt te staan.
U zult merken dat u bij het plaatsen van de transistoren en condensatoren het magnetisch raster moet uitschakelen om de emitter- en collectoraansluitingen netjes onder de weerstanden te krijgen.

### Tussenstand

Het plaatsen van de onderdelen gaat werkelijk razendsnel, nu een paar minuten staat het resultaat van figuur 3/8.9.12-21 op uw scherm. U moet nu de verbindingslijnen trekken. Het is aan te raden het magnetisch raster op de reeds beschreven manier in te stellen op 1 mm. U heeft nu immers de handige "gids", de hokjes van 5 bij 5 mm, niet meer nodig.




**Figuur 3/8.9.12-20:** Met dit pop-up venstertje kunt u componenten onder andere 180° roteren.



**Figuur 3/8.9.12-21:** Alle onderdelen zijn op het tekenvel geplaatst.

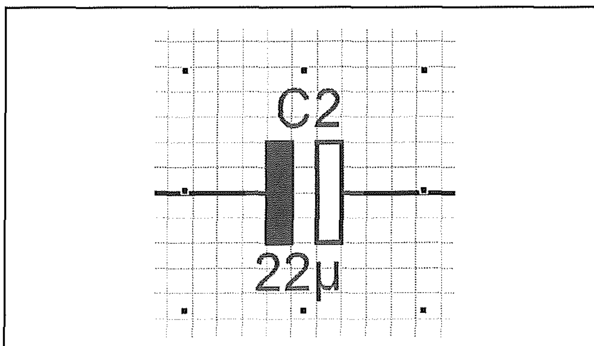
### Stap 7: de verbindingslijnen tekenen

Selecteer het werktuig "Line" (zie figuur 3/8.9.12-9) en teken alle verbindingslijnen op de besproken manier. Het paskruis rond de cursor en de "Zoom"-functie zullen goed van pas komen!
Bij het tekenen van de twee schuine lijnen van de elco's naar de basissen van de transistoren zult u vaststellen dat "sPlan" wijgert deze verbindingen te leggen. Onder normale omstandigheden kunt u

alleen horizontale lijnen, verticale lijnen en lijnen onder een hoek van 45° tekenen. Als u echter op de "Ctrl"-toets drukt, wordt deze beperking opgeheven en kunt u ook willekeurig lijnen tekenen. Bovendien kunt u die standaard hoek instellen. In de onderste knoppenbalk ziet u een pictogram van een hoek met daarnaast 45°. Als u op dit pictogram klikt ziet u een pop-up venster verschijnen, waarin u de standaard hoek, waaronder u lijnen kunt tekenen, kunt instellen op:

- 5°;
- 10°;
- 15°;
- 30°;
- 45°;
- 90°;
- Off.

In de laatste stand wordt de preset-hoek uitgeschakeld en kunt u lijnen onder een willekeurige hoek tekenen.




**Figuur 3/8.9.12-22:** Via de zes "handles" rond een geselecteerd onderdeel kunt u dit verplaatsen of vergroten/verkleinen.

**Stap 8: onderdelen verplaatsen**
Uit figuur 3/8.9.12-21 blijkt, dat wij condensator C2 op een verkeerde plaats hebben getekend. Dit onderdeel moet tussen de weerstanden R3 en R4 komen. Geen paniek, want u kunt gemakkelijk onderdelen verplaatsen. Selecteer "Edit" en klik de condensator aan. Rond het onderdeel verschijnen zes "handles", zie figuur 3/8.9.12-22, en het onderdeel wordt paars weergegeven. U kunt nu het onderdeel verplaatsen en desgewenst ook vergroten of verkleinen door met de muis op een van de handles te gaan staan en met ingedrukte linker muisknop de handle te verplaatsen.

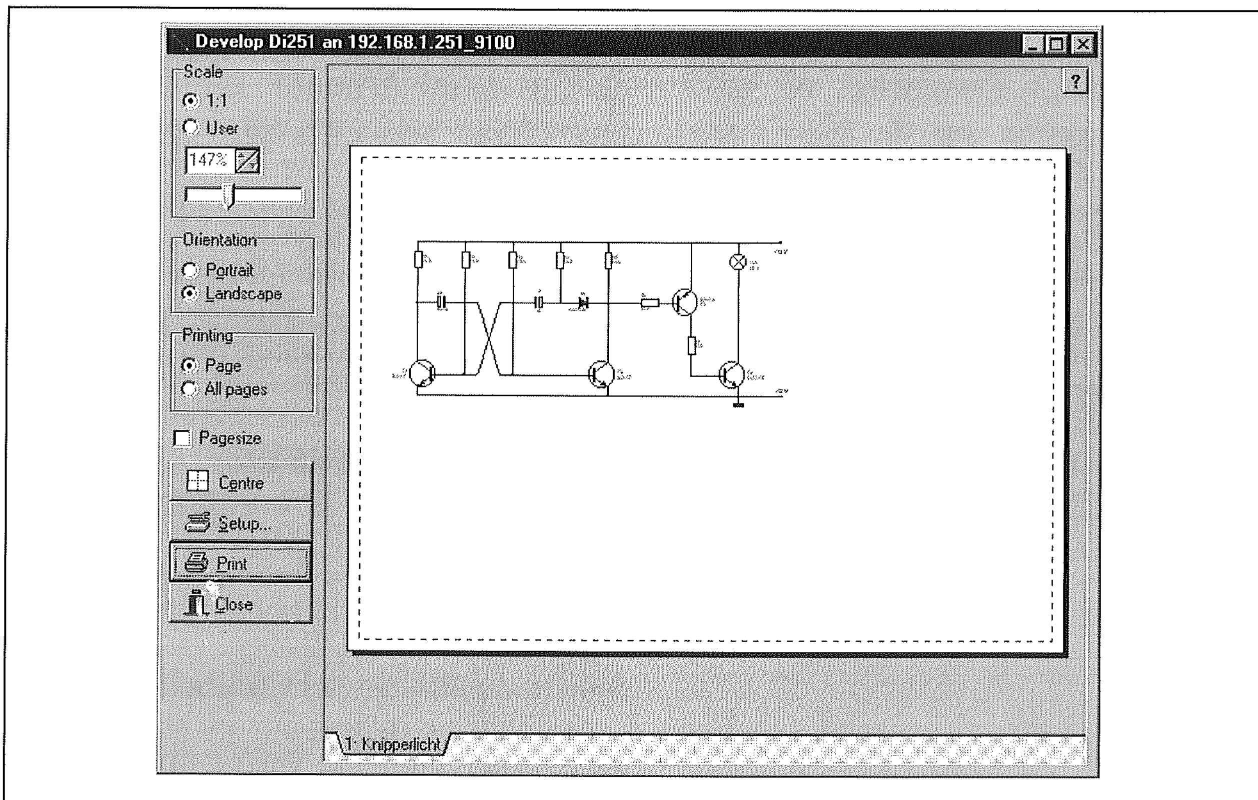
**Stap 8: connections plaatsen**
Met het werktuig "Connection" (zie figuur 3/8.9.12-9) plaats u de verbindingsbolletjes tussen de lijnen die elektrisch contact met elkaar hebben.

**Stap 9: de laatste werkzaamheden**
Ons schema is nu in principe klaar, maar we kunnen nog wat verfraaiingen aanbrengen. Zo ontbreken nog de twee symbolen voor het aansluiten van de voedingsspanning, het massasymbool en de teksten "+12 V" en "-12 V". De ontbrekende symbolen vindt u in de pagina's "Ground" en "Symbols" van de bibliotheek. Voor het invoegen van de teksten maakt u gebruik van het werktuig "Label" (zie figuur 3/8.9.12-9).

**Stap 10: het schema uitprinten**
Ons eerste schema is klaar en we kunnen het nu uitprinten. Ga naar het menu "File" en selecteer de optie "Print". Uw schema verschijnt in het printvenster van figuur 3/8.9.12-23. U kunt in dit venster het volgende instellen:

- Scale
  De optie "1:1" print het schema op ware grootte af. Met de optie "User" kunt u het schema verkleind of uitvergroot afdrukken. De vermenigvuldigingsfactor is instelbaar tussen 10 % en 400 %.

## 8.9 Software voor de ontwerper




**Figuur 3/8.9.12-23:** Via dit printvenster kunt u de afdruk van uw schema configureren.

- Orientation
  Een duidelijke zaak, u kiest hier voor staand papier ("Portrait") of voor liggend papier ("Landscape").
- Printing
  Selecteert het afdrukken van de actuele pagina ("Page") of van alle pagina's uit het project ("All pages").
- Pagesize
  Zet de afmetingen van het in figuur 3/8.9.12-16 ingestelde papierformaat als lichtgrijze achtergrond in het printvenster. Deze achtergrond wordt niet mee afgedrukt.
- Centre
  Centreert het schema op het papier.
- Setup
  Roept het bekende Windows-venster op, waarmee u een printer kunt uitkiezen en eventueel configureren.
- Print
  Print de pagina of de pagina's.
- Close
  Sluit het printvenster.

U kunt desgewenst met de muiscursor het schema over de pagina verplaatsen.

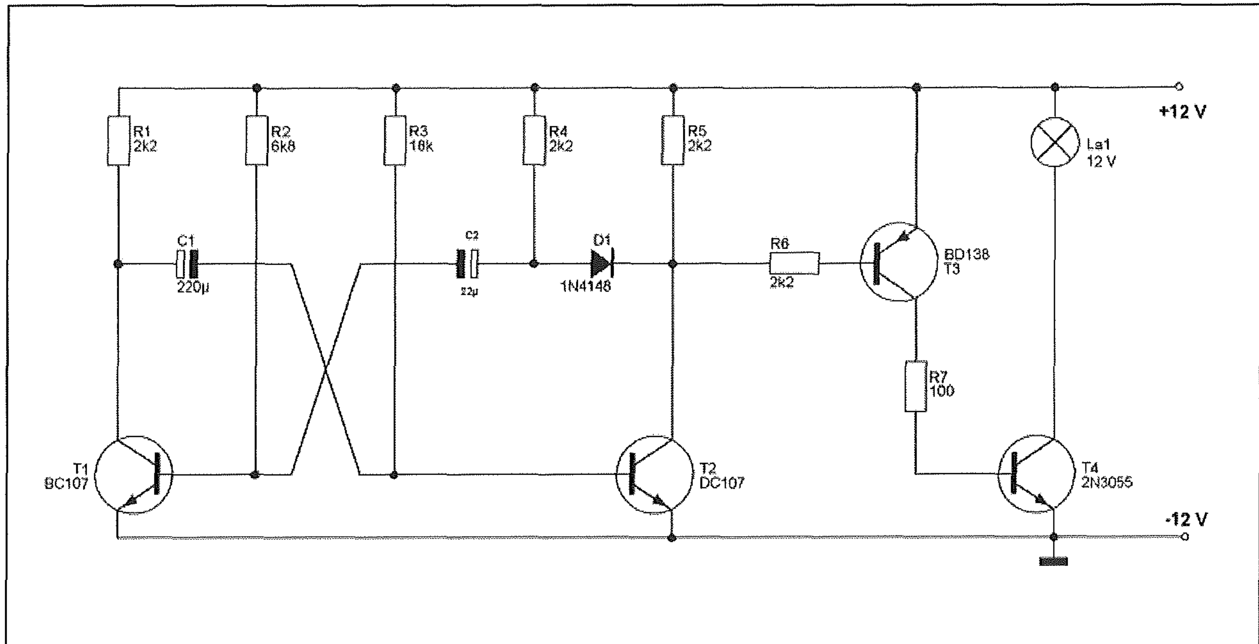
**Het eindresultaat**

In figuur 3/8.9.12-24 is het eindresultaat van dit eerste met "sPlan" ontworpen schema voorgesteld.

Met dit voorbeeld hebben wij samen met u een snelle rondgang door de belangrijkste functies en gereedschappen van "sPlan" gemaakt. U kunt nu met het programma aan de slag.

Maar uiteraard biedt dit programma nog een heleboel nuttige opties en functies, die we in de volgende paragrafen gaan bespreken.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.12-24:** Het eerste schema rolt uit uw printer.

# De Component editor

## Inleiding

Het schema van figuur 3/8.9.12-24 ziet er fraai uit, maar het kan zijn dat u tóch een en ander wilt veranderen. Zo vinden wij het mooier als de cirkel rond halfgeleiders dikker is dan de verbindingslijntjes. Dank zij de zeer krachtige "Component editor" kunt u ieder onderdeel uit de bibliotheek of ieder individueel onderdeel in een schema helemaal aan uw wensen aanpassen.

## Groepen en elementen

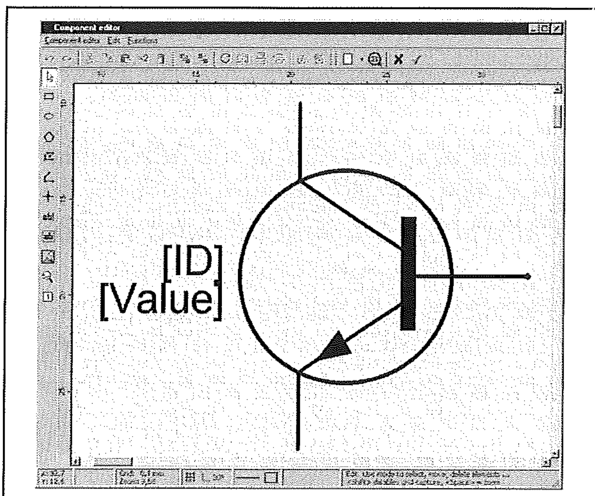
Een component van "sPlan" is opgebouwd uit diverse losse tekenelementen zoals lijnen, cirkelsegmenten, boogsegmenten, pad's, etc. Onder normale omstandigheden zijn al die elementen verzameld tot een "groep". Het voordeel hiervan is dat u nadien op alle gecombineerde elementen gezamenlijke bewerkingen kunt uitvoeren, zoals kopiëren, spiegelen en verplaatsen. Kortom, alle elementen gedragen zich als één superelement. Wilt u wijzigingen in het symbool van een component aanbrengen, dan moet u zich goed realiseren dat u alleen wijzigingen kunt aanbrengen in de losse tekenelementen waaruit de groep van een component bestaat. Dit is een logische consequentie van het feit dat "sPlan" met vectorgrafiek werkt. Wilt u dus de cirkel van de halfgeleider dikker maken, dan moet u eerst dit element selecteren en nadien de eigenschappen ervan wijzigen.
Daarnaast bevat het symbool van een component ook nog eens twee tekstvelden, de "Identifier" en de "Type/Value". Bij het opnieuw samenvoegen van alle elementen tot de groep worden deze twee velden ook in de groep opgenomen.

## Groeperen en degroeperen

Zowel in het tekenvenster van "sPlan" als in de "Component editor" ziet u in de bovenste knoppenbalk twee speciale pic-

togrammen met een geopend en een gesloten hangslot. Door te klikken op het open hangslot kunt u gegroepeerde elementen degroeperen. Door te klikken op het gesloten hangslot kunt u losse elementen verenigen tot een groep.

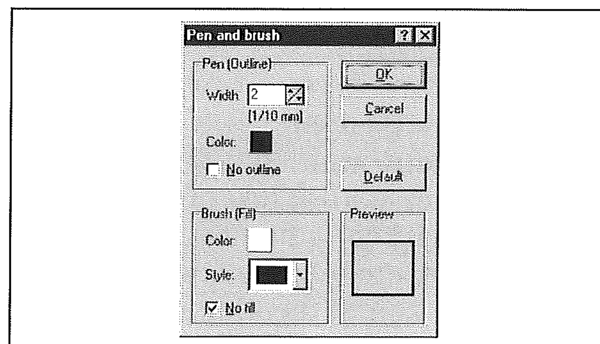
**Opstarten van de "Component editor"**
U krijgt toegang tot de "Component editor" via de "Properties"-optie van het pop-up venster van figuur 3/8.9.12-20. In het venster van figuur 3/8.9.12-13 selecteert u dan de knop "Editor". Het venster van de "Component editor" is voorgesteld in figuur 3/8.9.12-25.




**Figuur 3/8.9.12-25:** Het venster van de "Component editor".

**Werken met de editor**
Het eerste dat opvalt is een klein rood bolletje ("Red point") dat ergens in het symbool aanwezig is. Dit rode bolletje is het punt van het symbool dat inklikt op de snijpunten van het magnetisch raster. U kunt dit inklikpunt eventueel verplaatsen door er op te gaan staan en met ingedrukte linker muisknop het bolletje te verplaatsen.
Links in het venster ziet u de werktuigen die u kunt toepassen. Deze zijn in grote lijnen identiek aan de werktuigen die in "sPlan" zélf ook ter beschikking staan.

**Het aanpassen van een element**
Stel dat we de cirkel van de halfgeleider dikker willen maken. Klik met de rechter muisknop op de cirkel (degroepeer het symbool eventueel eerst) en selecteer in het pop-up menu "Properties". In het venster "Pen and brush" van figuur 3/8.9.12-26 kunt u nu de dikte van de lijn ("Width") instellen op bijvoorbeeld 5 mm. In principe kunt u nog veel meer wijzigingen doorvoeren:
- Color
  Bepaalt de kleur van de lijn.
- Brush (Fill)
  U kunt met "Style" diverse soorten vullingen en arceringen selecteren. In dit geval heeft dit natuurlijk geen zin.
- No outline
  Ook deze optie heeft alleen zin als u een vlak bewerkt. Hiermee kunt u de omranding van de figuur in- of uitschakelen.
- No fill
  Ook alleen van toepassing bij het bewerken van grote vlakken. Als u deze optie aanvinkt, dan wordt het vlak niet opgevuld.

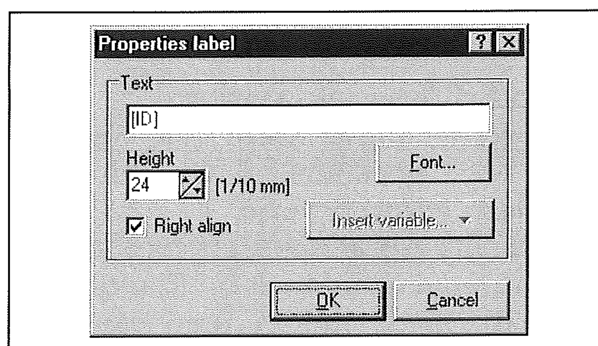



**Figuur 3/8.9.12-26:** Met "Pen and brush" kunt u de eigenschappen van elementen van een symbool bewerken.

## Tekstvelden aanpassen

De twee tekstvelden [ID] en [Value] zijn naar ons gevoel wat te klein en staan bovendien te dicht op elkaar. Ook deze velden kunt u aanpassen door er met de rechter muisknop op te klikken en "Properties" te kiezen. In het venster van figuur 3/8.9.12-27, "Properties label", kunt u nu de tekstgrootte ("Height") in stappen van 1/10 mm instellen en het lettersoort ("Font") kiezen. De instellingen "Text" en "Insert variable" zijn hier niet actief, omdat deze niet van toepassing zijn bij de vaste labels [ID] en [Value].

Tot slot verplaatsen we de twee labels wat, zodat er wat meer ruimte tussen zit.



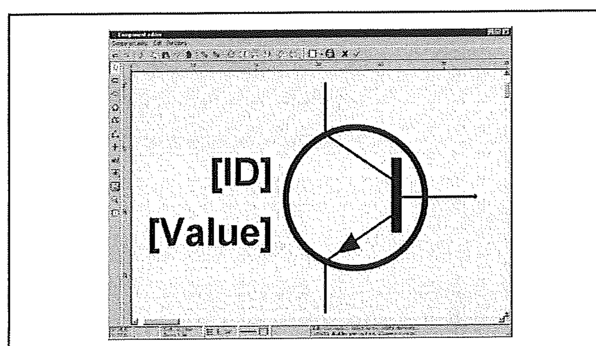

**Figuur 3/8.9.12-27:** Met "Properties label" past u de eigenschappen van teksten aan.

## Tussenstand

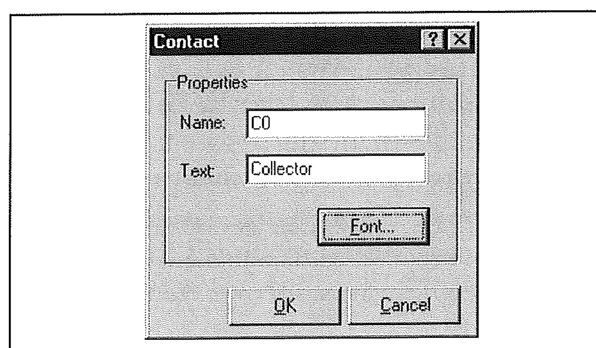
Het symbool van onze transistor ziet er nu al heel wat fraaier uit, zie figuur 3/8.9.12-28.

## De optie "Contact"

Helemaal onder in de gereedschapsbalk ziet u een "1" in een vierkantje. Dit werktuig geeft toegang tot de "Contact editor". Als u op dit pictogram klikt, dan verschijnt boven in het venster van de "Component editor" het label "C0". Dit kunt u naar een van de aansluitingen van de transistor slepen. Na twee keer herhalen van deze handeling heeft u drie contact-labels "C0", "C1" en "C2" bij de collector, de emitter en de basis staan. Klik met de rechter muisknop op een label en kies weer "Properties". In het venstertje van figuur 3/8.9.12-29 kunt u aan deze contactlabels te teksten "Collector, "Emitter" en "Basis" koppelen.



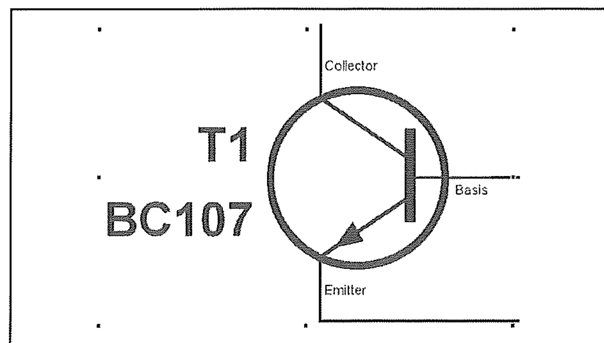

**Figuur 3/8.9.12-28:** Op deze manier kunt u de symbolen van "sPlan" aan uw eigen schoonheidsidealen aanpassen.




**Figuur 3/8.9.12-29:** Via dit venstertje kunt u namen toekennen aan contactlabels.

## Het resultaat

Het resultaat van het editen van een onderdeel wordt onmiddellijk overgenomen in uw schema. Als voorbeeld hebben wij de eigenschappen van transistor T1 gewijzigd. Deze ziet er nu uit zoals voorgesteld in figuur 3/8.9.12-30.



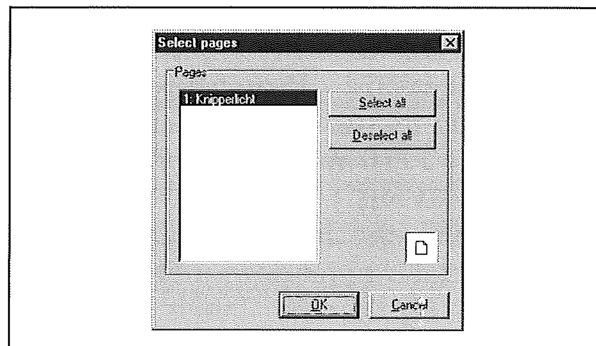

**Figuur 3/8.9.12-30:** De wijzigingen die wij in de eigenschappen van transistor T1 hebben aangebracht worden onmiddellijk in het schema doorgevoerd.

**Opmerking 1**
Het zal duidelijk zijn dat deze nieuwe "Contact label"-optie van versie 5.0 heel handig is bij het werken met complexe IC's. U kunt op deze manier snel aan alle pennen van het IC een label hangen.

**Opmerking 2**
Bij dit voorbeeld hebben wij de eigenschappen van één transistor van ons schema aangepast. Wilt u echter bepaalde wijzigingen op alle identieke componenten doorvoeren, dan gaat u natuurlijk het symbool in de bibliotheek aanpassen. Deze eenmalig ingevoerde wijzigingen worden dan steeds toegepast als u het gewijzigde symbool naar uw tekenvel sleept.

# Onderdelenlijst

**Inleiding**
Zoals reeds in de inleiding gesteld, maakt "sPlan" automatisch een onderdelenlijst van uw schema of schema's aan. Ga naar het menu "Functions" en selecteer de optie "Create component list". In het venstertje van figuur 3/8.9.12-31 kunt u nu selecteren welke pagina's van uw project in de onderdelenlijst opgenomen worden. In ons voorbeeld is dat snel bekeken: we hebben immers slechts één pagina getekend.



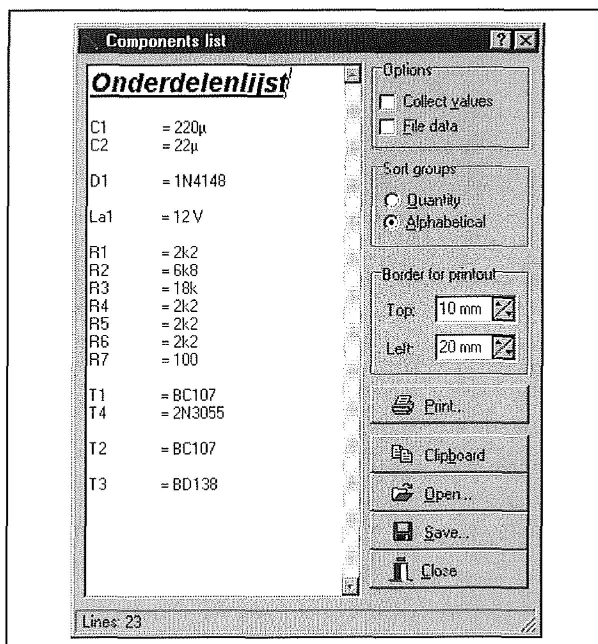

**Figuur 3/8.9.12-31:** In dit venstertje selecteert u de pagina's die in de onderdelenlijst worden opgenomen.

**Een beschrijfbaar tekstvenster**
De onderdelenlijst wordt, zie figuur 3/8.9.12-32, gegenereerd in een beschrijfbaar tekstvenstertje. U kunt dus onmiddellijk wijzigingen en toevoegingen aanbrengen, net zoals in "Kladblok". Daarnaast biedt het venster van de "Component list" een aantal nuttige knoppen:

- Options
  Met "Collect values" worden identieke onderdelen verzameld tot een regel als:
  R1,R2,R3 = 3 x 1 k
  Met "File data" wordt de onderdelenlijst uitgebreid met de datum, de tijd, het bestandspad en de paginanaam.
- Sort groups
  Met "Quantity" worden onderdelen die het meest in het schema voorkomen boven in de onderdelenlijst geplaatst. Met "Alphabetical" wordt de onderdelenlijst alfabetisch weergegeven.

**8.9 Software voor de ontwerper**

- Border for printout
  Met deze optie kunt u de boven- en linkermarges van de printpagina instellen.
- Print
  De onderdelenlijst wordt geprint op uw standaard printer.
- Clipboard
  De onderdelenlijst wordt als TXT-bestand in het klembord van Windows geplaatst.
- Open
  Hiermee kunt u een onderdelenlijst, die u ooit bewaard heeft, weer oproepen.
- Save
  De onderdelenlijst wordt op uw harde schijf bewaard als RTF-tekstbestand, het "Rich Text Format" dat u in de meeste Windows-tekstverwerkers kunt openen.
- Close
  Het venster van de onderdelenlijst wordt afgesloten.




**Figuur 3/8.9.12-32:** Het venster van de "Component list".

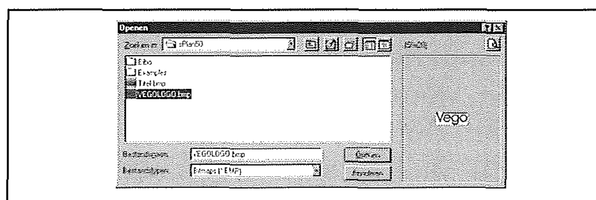
# Overige functies

## Inleiding

We hebben al heel wat functies van "sPlan" beschreven, maar dit programma biedt nog veel meer. In deze paragraaf voeren wij u door de vaak achter onduidelijke menu's verborgen interessante extra functies van dit programma.

## Import bitmaps

Via het gereedschap "Bitmap" van figuur 3/8.9.12-9 kunt u illustraties in uw schema verwerken. De illustraties moeten in het BMP-formaat aanwezig zijn en niet breder zijn dan een paar honderd pixels. Na het aanklikken van het gereedschap verandert de cursor in een klein bitmapje. U klikt op de plaats waar u de illustratie in het schema wilt invoegen. Na een klik met de linker muisknop verschijnt het venster van figuur 3/8.9.12-33 in beeld, waarin u het BMP-bestand kunt laden. U ziet meteen een "preview" van de afbeelding. Na klik op "OK" wordt de bitmap in uw schema ingevoegd. Het wordt een "sPlan"-element en u kunt het op de beschreven manier verplaatsen of vergroten en verkleinen.

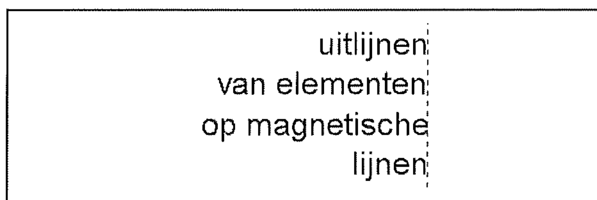



**Figuur 3/8.9.12-33:** Via dit venster selecteert u een bitmap die u in uw schema kunt invoegen.

## Magnetische lijnen

Een vernieuwing in versie 5.0 is de optie "Magnetic lines". Met deze optie kunt u een horizontale of verticale lijn in uw schema aanbrengen. Elementen die u

naar de lijn verplaatst, worden "aangetrokken" door de lijn. Op deze manier kunt u vrij eenvoudig elementen horizontaal of verticaal uitlijnen, zie figuur 3/8.9.12-34. U krijgt toegang tot deze handige optie via het menu "Functions" en de opties "New magnetic line vertical" en "New magnetic line horizontal". De lijn wordt op een bepaalde plaats in uw schema gezet. U verplaatst ze door er met de muis op te klikken en met ingedrukte linker muisknop naar de gewenste plaats te verschuiven. Deze lijnen zijn hulplijnen die niet in het schema worden opgenomen en dus ook niet worden afgedrukt.
De "Magnetic lines" kunt u trouwens ook gebruiken in de "Component editor".



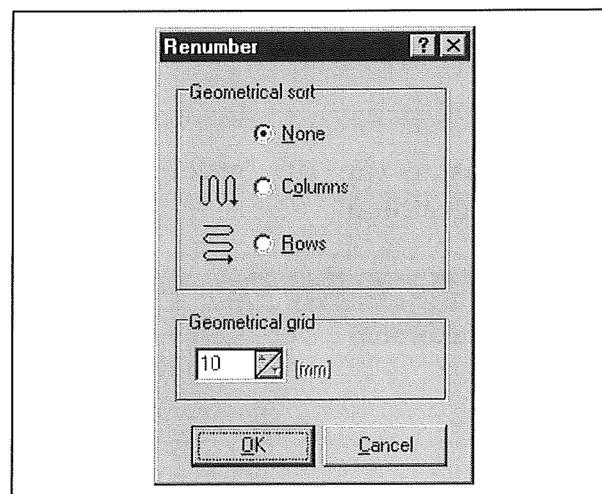

**Figuur 3/8.9.12-34:** Met de optie "Magnetic lines" kunt u elementen snel horizontaal of verticaal uitlijnen.

### Renumber components

Met deze functie kunt u alle onderdelen in uw schema of project opnieuw automatisch laten hernummeren. Een handige functie, want het kan natuurlijk voorkomen dat, door het verwijderen of tussenvoegen van een of meerdere componenten, de oorspronkelijke nummering niet meer klopt. U activeert deze functie via het menu "Functions" en de optie "Renumber components". In het eerste venster, zie figuur 3/8.9.12-31, wordt gevraagd welke pagina's in de hernummering betrokken moeten worden. Na klik op "OK" verschijnt het venster van figuur 3/8.9.12-35. Hier kunt u met "Geometric sort" de gewenste volgorde van het hernummeren instellen:

- None
  De componenten worden hernummerd in de volgorde waarin zij in het schema werden getekend.
- Columns
  De componenten worden per "kolom" van onder naar boven hernummerd.
- Rows
  De componenten worden per "rij" van links naar rechts hernummerd.

Met de optie "Geometrical grid" kunt u de breedte van de "kolommen" en de "rijen" instellen die het algoritme toepast bij het opzoeken van de componenten.

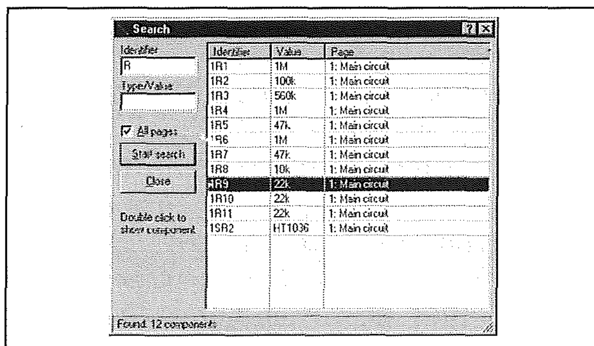



**Figuur 3/8.9.12-35:** In dit venster stelt u de geometrie in waarmee de componenten worden hernummerd.

### Component search

In het menu "Edit" treft u de nieuwe optie "Search components" aan. Met deze functie kunt u uw project doorzoeken naar één bepaald onderdeel. In het venster van figuur 3/8.9.12-36 vult u de "Identifier" in en eventueel de

"Type/Value". Aanvinken van de optie "All pages" breidt de zoekactie uit tot alle pagina's van het actuele project. Het schema of alle schema's van het project worden doorzocht naar de zoekcriteria, de gevonden componenten verschijnen in het venster. Dubbelklikken op een van de gevonden items zet de pagina in beeld met het gezochte onderdeel in paars weergegeven.

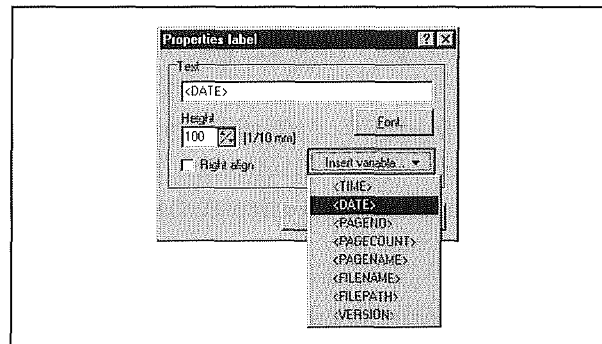



**Figuur 3/8.9.12-36:** Via dit venster kunt u naar één specifiek onderdeel zoeken.

**Belangrijke opmerking.** De waarden in de kolom "Value" van figuur 3/8.9.12-36 kunt u aanpassen. De wijzigingen worden in het schema opgenomen na het sluiten van het venster. Op deze manier kunt u dus heel snel alle onderdelen van een waarde voorzien.

**Text variables**
Ook nieuw in versie 5.0 van "sPlan" is de mogelijkheid in tekstlabels bepaalde variabelen op te nemen. U opent het gereedschap "Label", zie figuur 3/8.9.12-9. In plaats van in het vakje "Text" een tekst in te vullen selecteert u de gewenste variabele in het lijstje "Insert variable", zie figuur 3/8.9.12-37. U kunt kiezen uit:

- <TIME>
  Voegt de tijd in, afgeleid van de klok-chip in uw PC.



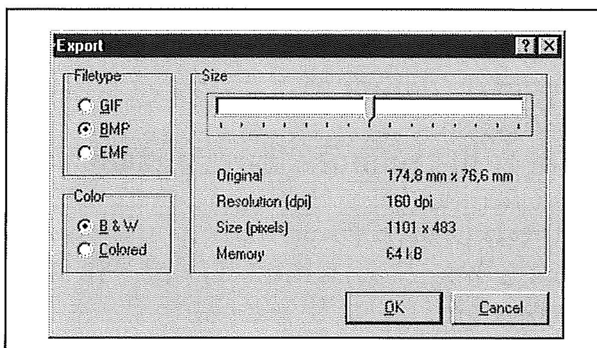

**Figuur 3/8.9.12-37:** Nieuw in versie 5.0 is de mogelijkheid bepaalde variabelen in een tekstveld in te voeren.

- <DATE>
  Voegt de datum in.
- <PAGENO>
  Voegt het nummer van de pagina in het project in.
- <PAGECOUNT>
  Voegt het totaal aantal pagina's in het project in.
- <PAGENAME>
  Voegt de naam van de pagina in.
- <FILENAME>
  Voegt de bestandsnaam van de pagina in.
- <FILEPATH>
  Voegt het volledig pad in, zoals C:\\abacom\splan50\examples\knipperlicht.spl.
- <VERSION>
  Voegt het versienummer van "sPlan" in.

U kunt deze variabelen combineren met vaste teksten. Een expressie als:
Pagina <PAGENO> van <PAGECOUNT> pagina's
wordt in uw schema weergegeven als:
Pagina 1 van 4 pagina's

**Schema's exporteren**
De door u getekende schema's kunt u exporteren als GIF, BMP of EMF. Deze

functie vindt u in het menu "File" onder de optie "Export". GIF en BMP zijn twee pixelformaten, EMF is een vectorformaat. De kwaliteit van dit laatste formaat is veel beter, maar niet alle Windows-programma's ondersteunen het importeren van EMF. Met export naar GIF of BMP loopt u uiteraard geen risico, want deze formaten worden door iedere applicatie ingelezen. In het venstertje van figuur 3/8.9.12-38 selecteert u eerst via "Filetype" het soort grafiekformaat van de export.

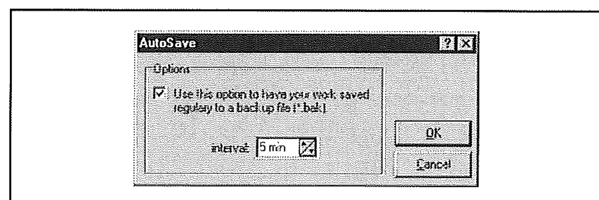



**Figuur 3/8.9.12-38:** Via dit venster exporteert u uw schema's naar GIF, BMP of EMF.

Als u voor GIF of BMP kiest moet u in "Size" de resolutie van de bipmap instellen. De schaal gaat van 20 dpi tot 300 dpi. Uw keuze heeft nogal wat invloed op de grootte van het exportbestand. Exporteert u bijvoorbeeld ons meesterwerk "Knipperlicht.spl" naar BMP, dan varieert de bestandsgrootte van 1 kB tot 228 kB. De verschillen worden nog groter als u met "Color" kiest voor kleur ("Colored"). In dat geval varieert de bestandsgrootte van 24 kB (20 dpi) tot 5,4 MB (300 dpi). Werkt u met "Word", dan weet u wat een ellende het oplevert als u een bitmap van meer dan 5 MB in dat programma inleest. Kortom, bij de export van uw schema's moet u heel goed nadenken over de noodzakelijke resolutie. Exporteert u uw schema bijvoorbeeld naar GIF voor publicatie op internet, dan is het onzin om de breedtemaat ("Size") hoger te kiezen dan 500 pixels. Het venster van de "Internet Explorer" is bij de meeste PC's immers niet breder dan 800 pixels en een illustratie met een breedte van 500 pixels vult bijgevolg vrijwel de volledige breedte van het Internetvenster.

## AutoSave

Met deze functie, te vinden in het menu "File", zorg u ervoor dat "sPlan" om de zoveel minuten uw project automatisch opslaat op uw harde schijf. De back-up wordt bewaard met de extensie .BAK en dat betekent dat uw ontwerp, bewaard als .SPL, niet wordt aangetast. Vergeet dus toch niet regelmatig uw project te saven. In het venstertje van figuur 3/8.9.12-39 kunt u het tijdsinterval tussen twee automatische back-up's instellen.



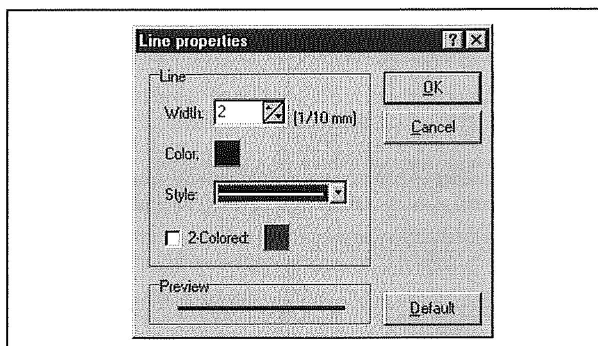

**Figuur 3/8.9.12-39:** Het venster waarmee u de automatische back-up's instelt.

## Line properties

Als u in uw schema een lijn aanklikt met de rechter muisknop en in het pop-up venster de functie "Properties" aanklikt, verschijnt het venster van figuur 3/8.9.12-40 op uw monitor. Hier kunt u de dikte van de lijn instellen ("Width"), de kleur ("Color") en de stijl ("Style"). Als u bij "Style" een stippelijn heeft geko-

**8.9 Software voor de ontwerper**

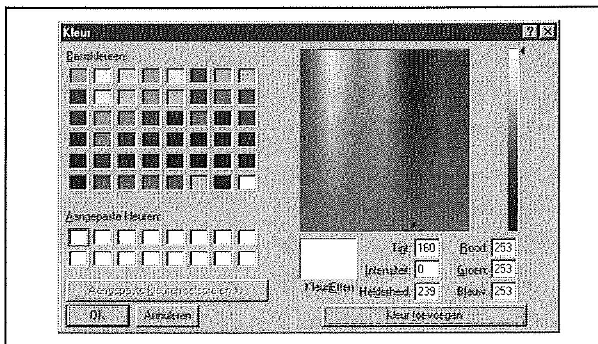
zen dan kunt u door het aanvinken van "2-Colored" deze lijn in twee kleuren weergeven.




**Figuur 3/8.9.12-40:** Het instellen van de parameters van een lijn.

## Colouring elements

In de meeste gevallen zult u uw schema monochroom tekenen: alle onderdelen en lijnen in het zwart. Voor educatieve doeleinden kan het echter handig zijn bepaalde delen van een schema in een kleurtje weer te geven. Ook dát is geen probleem in versie 5.0 van "sPlan". Klik met ingedrukte Shift-toets alle verbindingslijnen en onderdelen aan die in een kleur moeten worden weergegeven, ga nadien naar het menu "Functions" en selecteer de optie "Colorize elements". In het venster van figuur 3/8.9.12-41 selecteert u nadien de kleur van de verbindingslijnen en componenten.



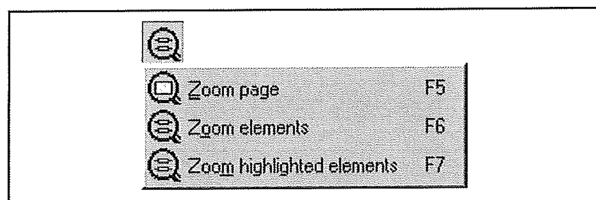

**Figuur 3/8.9.12-41:** Via dit venster kunt u uw schema inkleuren.

## Line and fill presets

Lijnen die u in "sPlan" tekent hebben een dikte van 0,2 mm, vlakken worden gevuld met volzwart. Dit zijn de default-instellingen van het programma. U kunt echter deze default-waarden veranderen. Ga naar het menu "Options" en selecteer de opties "Line preset" en "Fill preset". In de vensters die reeds zijn voorgesteld in de figuren 3/8.9.12-26 en -40 kunt u nieuwe default-waarden invullen. Deze waarden worden in een INI-bestand opgeslagen en bij het opstarten van "sPlan" ingelezen. Door het klikken op de knoppen "Default" in de genoemde vensters worden de originele default-waarden hersteld.

## Het Zoom-gereedschap

In de knoppenbalk onder de menu's ziet u rechts een vergrootglaasje staan. Klikken op dit pictogram levert een pop-up venster op, zie figuur 3/8.9.12-42, waarin u de "Zoom" kunt instellen.




**Figuur 3/8.9.12-42:** Met het zoom-gereedschap kunt u snel omschakelen van detail naar volledige weergave van de pagina.

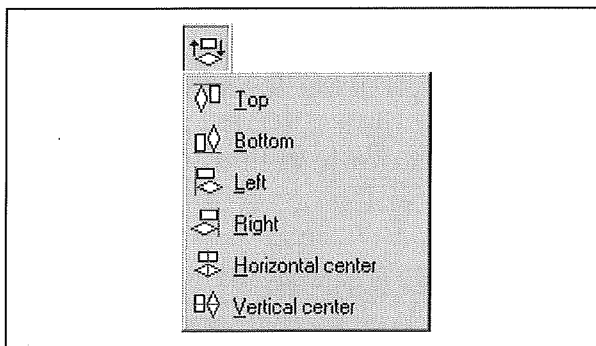
- Zoom page
  De volledige pagina komt in beeld.
- Zoom elements
  Alleen het "gevulde" deel van de pagina komt in beeld.
- Zoom selected elements
  Alleen de elementen en symbolen die u heeft geactiveerd (linker muisknop) komen in beeld.

**"Align"-gereedschap**

"sPlan" beschikt over handige gereedschappen voor het horizontaal en verticaal uitlijnen van twee of meer elementen. Klikken op het pictogram in de knoppenbalk dat in figuur 3/8.9.12-43 is voorgesteld, levert een pop-up venster met zes selecties:

- Top;
- Bottom;
- Left;
- Right;
- Horizontal center;
- Vertical center.

Met deze knoppen kunt u twee of meer geselecteerde elementen heel nauwkeurig uitlijnen. De betekenis van de zes selecties is, dank zij de veelzeggende pictogrammen, onmiddellijk duidelijk.

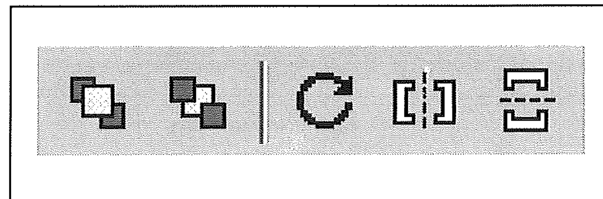



**Figuur 3/8.9.12-43:** Met het "Align"-gereedschap kunt u twee of meer geselecteerde elementen onderling uitlijnen.

**Roteren en spiegelen**

Met de in figuur 3/8.9.12-44 voorgestelde pictogrammen uit de bovenste knoppenbalk kunt u (van links naar rechts):

- To front
  Geselecteerde elementen naar de voorgrond verplaatsen.
- To back
  Geselecteerde elementen naar de achtergrond verplaatsen.
- Rotate
  Geselecteerde elementen 90° in uurwijzerzin roteren. Als u de Shift-toets ingedrukt houdt, blijven geroteerde teksten leesbaar.
- Mirror horizontal
  Geselecteerde elementen rond de horizontale as spiegelen.
- Rotate vertical
  Geselecteerde elementen rond de verticale as spiegelen.



**Figuur 3/8.9.12-44:** De knoppen waarmee u elementen kunt roteren, spiegelen en naar de voor- of achtergrond kunt verplaatsen.

**Groeperen en degroeperen**

Zoals reeds geschreven werkt "sPlan" op basis van vectorgrafiek en bestaat alles dat u tekent uit primitieve elementen zoals lijnstukken, cirkels en cirkelsegmenten. We hebben bij de bespreking van de "Component editor" al uitgelegd hoe u symbolen van componenten eerst moet degroeperen om er iets aan te wijzigen. Ook op het tekenvel van "sPlan" kunt u elementen groeperen en degroeperen. In de bovenste knoppenbalk ziet u twee pictogrammen met de symbolen van een gesloten en een open hangslot. Als u een aantal symbolen tot één groep wilt verenigen maakt u ze eerste actief door ze met ingedrukte Shift-toets aan te klikken. Nadien klikt u op het pictogram met gesloten hangslot. Vanaf dat moment vormen deze symbolen één geheel en alle bewerkingen worden uitgevoerd op de volledige groep. Met het picto-

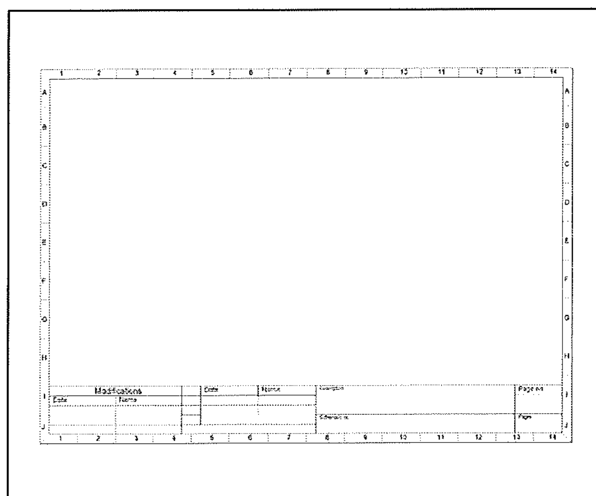
gram met een open hangslot kunt u de gegroepeerde symbolen uiteraard weer degroeperen. Beide functies zijn ook beschikbaar in het menu "Functions", namelijk als "Build group" en "Split group".

**Bewerkingen op pagina's**
Via het menu "Page" kunt u:
- Create new page
  Een nieuwe pagina aan uw project toevoegen. Iedere pagina krijgt een tabblad, zie figuur 3/8.9.12-2, en u kunt de afmetingen van iedere pagina individueel instellen.
- Delete page
  De actuele pagina uit het project verwijderen.
- Page properties
  De eigenschappen van een pagina aanpassen.
- Copy page
  De actuele pagina kopiëren, overigens kopieert u alleen de eigenschappen en niet wat u op de pagina heeft getekend.
- Move page to ..
  De volgorde van de pagina's in het project veranderen.
- Save page to file
  De actuele pagina bewaren op uw harde schijf. Pagina's worden afzonderlijk bewaard als BLT-bestanden.
- Load page from file
  Een pagina op uw harde schijf aan uw project toevoegen.

De twee laatstgenoemde opties zijn zeer handig en kunnen u veel tijd besparen. Stel dat u in een bepaald project de voeding op een eigen pagina tekent. U kunt dan het schema van deze voeding als BLT-bestand bewaren. Heeft u voor een ander project een vrijwel identieke voeding nodig, dan plakt u de voedingspagina simpelweg aan uw project en kunt u de noodzakelijke wijzigingen aanbrengen.

# Achtergrond-sjablonen

**Inleiding**
Bij de korte bespreking van de eigenschappen van "sPlan" hebben wij het reeds gehad over de zogenaamde "achtergrond-sjablonen". In figuur 3/8.9.12-45 is zo'n sjabloon voorgesteld. "sPlan" wordt geleverd met vier standaard sjablonen, die u uiteraard kunt aanpassen.
Zo'n sjabloon kunt u beschouwen als een extra tekenvel, dat achter het tekenvel zit waarop u uw schema ontwerpt. Wijzigingen die u in het sjabloon aanbrengt, hebben geen invloed op uw schema en vice versa.



**Figuur 3/8.9.12-45:** Een van de vier sjablonen die bij "sPlan" worden geleverd.

**Een sjabloon laden**
Een sjabloon moet u in ieder geval laden voordat u met het tekenen van het schema begint. De vier meegeleverde sjablonen gaan uit van een A4 papierformaat. Ga naar het menu "Forms" en selecteer

de optie “Load form from file”. In een standaard “Openen”-venster kunt u een van de vier voorbeelden laden.

### Het sjabloon aanpassen

Natuurlijk moet u in het sjabloon gegevens invullen. Ga hiervoor naar het menu “Forms” en selecteer de optie “Edit form”.

**Opgelet!** U ziet de achtergrondkleur van het tekenvel veranderen van licht geel naar licht grijs. ***Dit is een waarschuwing die u er op attent maakt dat u nu geen schema kunt tekenen,*** maar alleen het sjabloon kunt bewerken! Alles dat u namelijk nú tekent, wordt opgenomen in het sjabloon en niet in het schema!

### Het sjabloon bewaren

Nadat u alle gegevens hebt ingevuld is het verstandig het sjabloon voor toekomstig gebruik te bewaren. Ga weer naar het menu “Forms” en selecteer de optie “Save form to file”.

### Het schema tekenen

U kunt nu beginnen met het tekenen van het schema.

**Opgelet!** U moet echter eerst naar het menu “Forms” en het vinkje naast “Edit form” wegklikken. ***U ziet de achtergrondkleur van het tekenvel weer veranderen naar licht geel en nu zit u dus weer terug in de modus waarin u uitsluitend in het schema kunt tekenen.***

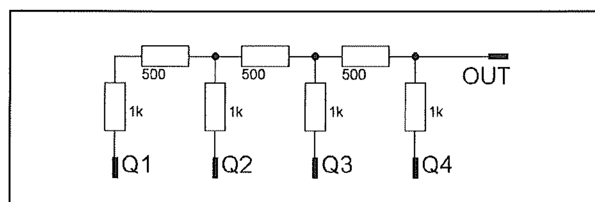
## Componenten ontwerpen

### Inleiding

Hoewel “sPlan” versie 5.0 voor vrijwel ieder onderdeel een symbool in de bibliotheek heeft, zal het af en toe voorkomen dat u toch een symbool van een zelden gebruikt onderdeel mist. Geen probleem, want u kunt op een heel eenvoudige manier eigen onderdelen ontwerpen en aan de bibliotheek toevoegen. Correcter is te schrijven “op diverse eenvoudige manieren”, want u kunt op drie verschillende manieren eigen onderdelen ontwerpen. Laten we die drie methodes even aan u presenteren.

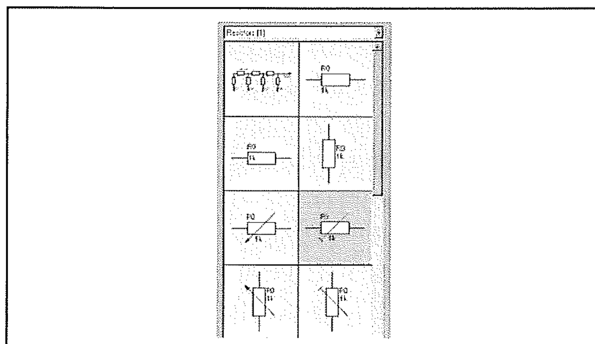
### Methode 1: vanuit het schema

Stel dat u vaak een R/2R-netwerk in uw schema’s moet gebruiken. U opent een nieuwe pagina en tekent het netwerk, zie figuur 3/8.9.12-46.




**Figuur 3/8.9.12-46:** Met “sPlan” tekent u snel dit R/2R-netwerkje.

Selecteer vervolgens alle elementen en open uit het menu “Components” de optie “Create component from seletion”. Onmiddellijk verschijnt het “Properties component”-venster (zie figuur 3/8.9.12-13) in beeld.

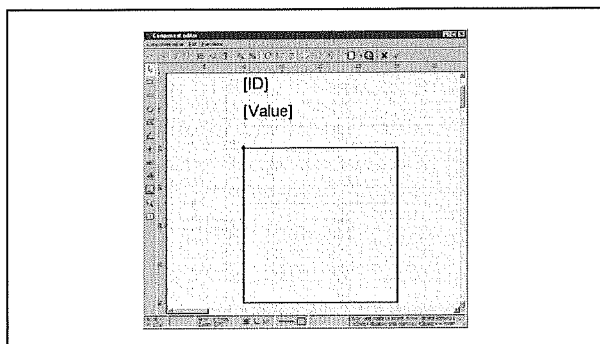


**Figuur 3/8.9.12-47:** Uw R/2R-netwerk wordt toegevoegd aan de actuele bibliotheekpagina “Resistors (1)”.

**8.9 Software voor de ontwerper**

U kunt hier de eigenschappen van het nieuwe onderdeel invullen, waarbij u in ieder geval in het venster "Identifier" iets moet invullen. Na klik op "OK" is het R/2R-netwerk aan "sPlan" bekend als onderdeel. Ga vervolgens weer naar het menu "Components" en klik de optie "Add component(s) to library". Het nieuwe onderdeel wordt opgenomen in de bibliotheekpagina die op dit moment is geopend, zie figuur 3/8.9.12-47.

**Methode 2: via het menu "Library"**
Deze methode is geschikt als u een geheel nieuw onderdeel moet ontwerpen. Ga naar het menu "Library" en klik de optie "Create new component" aan. Het "Properties component" venster verschijnt, u vult de eigenschappen van het nieuw onderdeel in.
Via de knop "Editor" komt u in het bekende venster "Component editor". Hierin staat alleen een vierkant en het bekende rode puntje, zie figuur 3/8.9.12-48. U kunt dit vierkant verwijderen en met de ter beschikking staande tekengereedschappen uw nieuw onderdeel ontwerpen. Na het sluiten van het venster wordt het onderdeel automatisch opgenomen in de geopende pagina van de bibliotheek.

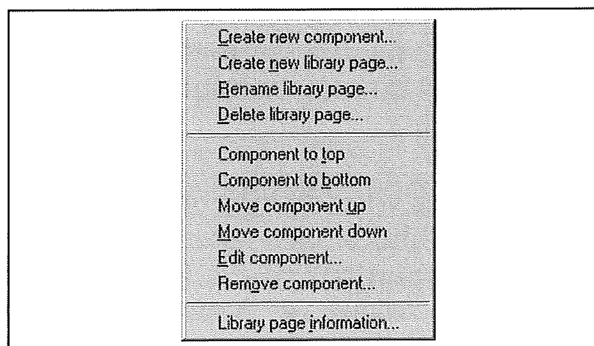



**Figuur 3/8.9.12-48:** In het "Component editor"-venster kunt u uw nieuw onderdeel ontwerpen.

**Methode 3: via een bestaand symbool**
U laadt een symbool dat lijkt op uw nieuw symbool in het tekenvel. Nadien roept u de "Component editor" op (rechter muisknop) en wijzigt het symbool. Na verlaten van dit venster ziet u de wijzigingen op het tekenvel. Via het menu "Components" en de optie "Add component(s) to library" slaat u het nieuwe onderdeel in de bibliotheekpagina op.

# Werken met de bibliotheek

**Inleiding**
Een van de grote vernieuwingen in versie 5.0 van "sPlan" is dat u uitgebreid met de bibliotheek kunt spelen. In het menu "Library" staat een heleboel opties, zie figuur 3/8.9.12-49.



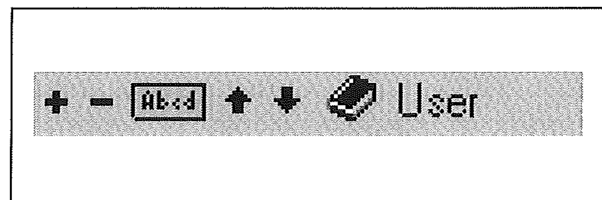

**Figuur 3/8.9.12-49:** De opties van het menu "Library".

- Create new component
  De reeds besproken optie waarmee u nieuwe symbolen ontwerpt.
- Create new library page
  Voegt een nieuwe pagina, die u een naam moet geven, aan de bibliotheek toe.

- Rename library page
  U kunt de actuele pagina een andere naam geven.
- Delete library page
  U kunt de actuele pagina uit de bibliotheek verwijderen.
- Component to top
  Het aangeklikte onderdeel wordt als eerste in het venster gezet.
- Component to bottom
  Het aangeklikte onderdeel wordt als laatste in het venster gezet.
- Move component up
  Het aangeklikte onderdeel schuift één plaats op naar boven.
- Move component down
  Het aangeklikte component gaat één plaats naar onder.
- Edit component
  Opent het "Properties component"-venster.
- Remove component
  Verwijdert het aangeklikte component uit de pagina.
- Library page information
  Opent een venstertje waarin de gegevens van de pagina staan: de naam, de bestandsnaam, het aantal symbolen en het pad.

**Display opties voor de bibliotheek**
Onder het bibliotheekvenster treft u een kleine knoppenbalk aan (zie figuur 3/8.9.12-50), waarmee u de weergave van de bibliotheekpagina's kunt beinvloeden.

- +, -
  Met deze twee pictogrammen kunt u het aantal kolommen instellen in het bibliotheekvenster. Het bereik loopt van een tot tien.
- Abcd
  Zet de "Component description" (de naam) wel of niet onder de symbolen.
- Pijltje op, pijltje neer
  Hiermee scrollt u door de pagina's van de bibliotheek.
- Boek - User
  Met dit pictogram kunt u een van de bibliotheken openen.



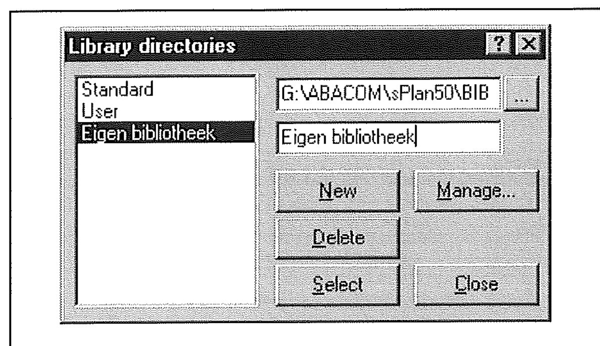

**Figuur 3/8.9.12-50:** Met deze pictogrammen kunt u de weergave in het bibliotheekvenster aanpassen.

**Meerdere bibliotheken**
Een van de vernieuwingen in versie 5.0 is dat u de mogelijkheid heeft diverse bibliotheken aan te leggen. Het programma wordt geleverd met twee bibliotheken:

- Standard
  Dit is de default-bibliotheek, samengesteld door de ontwerpers.
- User
  Deze bibliotheek bevat pagina's die zijn samengesteld door gebruikers van "sPlan".

**Nieuwe bibliotheek aanmaken**
Het kan nuttig zijn een eigen bibliotheek aan te maken, waarin u alleen die pagina's opbergt die u in de praktijk écht gebruikt. Dan moet u ergens op uw harde schijf een nieuwe directory aanmaken, bijvoorbeeld met de Windows Explorer. Klik vervolgens op het boekpictogram onder in het bibliotheekvenster. In het venster van figuur 3/8.9.12-51 klikt u op "New" en zoekt in het bovenste kader naar de door u aangemaakte directory. Vul nadien in het onderste invulvakje een naam voor uw

nieuwe bibliotheek in. Met de knop "Select" kunt u een van de bibliotheken activeren.

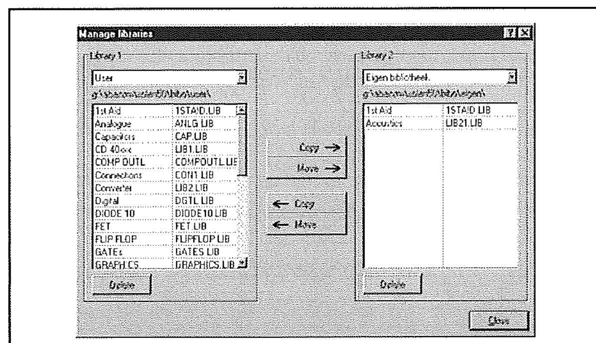



**Figuur 3/8.9.12-51:** Met dit venster kunt u omschakelen tussen de beschikbare bibliotheken of een nieuwe bibliotheek aanmaken.

**Bibliotheek management**

Natuurlijk is uw eigen bibliotheek nog leeg. Klik in het venster van figuur 3/8.9.12-51 op de knop "Manage". U ziet nu het venster van figuur 3/8.9.12-52 verschijnen.

Met deze "Manage libraries" kunt u op een comfortabele manier uw eigen bibliotheken inrichten. In het linker venster opent u een van de "volle" bibliotheken, in het rechter uw eigen nog lege bibliotheek. U kunt links pagina's aanklikken die u met een druk op de pijltjesknoppen kopieert naar uw eigen bibliotheek.



**Figuur 3/8.9.12-52:** Met deze "Manage libraries" kunt u uw eigen bibliotheek vullen met pagina's uit andere bibliotheken.

# Nadere informatie

De software van Abacom wordt in Nederland en België uit voorraad geleverd door:

Vego VOF
Postbus 32014, 6370 JA Landgraaf
Telefoon: 045-533.22.00
Fax: 045-533.22.02
E-mail: vego_vof@compuserve.com
Internet: www.vego.nl/abacom

## 8.9 Software voor de ontwerper

# 3/8.9.13

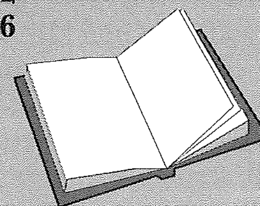
# Printen ontwerpen met Sprint Layout versie 4.0

## Inleiding

**Een volwaardig programma**
Nog maar vijf jaar geleden, in aanvulling 86 om precies te zijn, werd de eerste versie 1.0 van Sprint Layout van Abacom in dit naslagwerk beschreven. Ook deze versie was reeds een uitstekend programma voor het intuïtief ontwerpen van printplaten. Maar de tijd staat niet stil en inmiddels is versie 4.0 op de markt verschenen. Twee eigenschappen zijn gelukkig blijven bestaan: het werken met het programma is nog steeds heel snel aan te leren en de prijs is nog steeds heel laag: € 42,42 inclusief BTW. Maar deze versie lijkt alleen in hoofdlijnen op de allereerste versie 1.0 die op de markt verscheen. Sprint Layout is geëvolueerd tot een volwaardig stuk gereedschap waarmee u snel professioneel ogende enkel- en dubbelzijdige printplaten kunt ontwerpen.

**Primitieve autorouter**
Hoewel het programma nog steeds geen import van schema's kent en het ontwerpen van een print dus neerkomt op een stevig stukje eerlijk handwerk, is tóch een aantal functies geïntegreerd die een deel van het handwerk automatiseert. Zo is in versie 4.0 een primitieve autorouter aanwezig, waarmee u koperbanen automatisch één na één kunt laten leggen. Maar dan moet u eerst met de hand een soort "ratsnest" tekenen: recht-toe-recht-aan verbindingen tussen de soldeereilandjes die met elkaar moeten worden verbonden.
Nadien start u de autorouter op en klikt een na een alle lijntjes van het ratsnest aan. Deze worden dan vervangen door kopersporen, waarbij het programma keurig om reeds bestaande kopersporen en andere hindernissen heen werkt. Deze primitieve autorouter is, vergeleken met versie 3.0, de spectaculairste en tijdbesparendste uitbreiding van Sprint Layout.
Daarnaast bevat versie 4.0 een zeer uitgebreide en overzichtelijke componentenbibliotheek, met veel aandacht voor SMD-componenten.

**LEES OOK:**
**Hoofdstuk 3/8.9.2**
**Hoofdstuk 3/8.9.5**
**Hoofdstuk 3/8.9.12**
**Hoofdstuk 3/8.9.16**

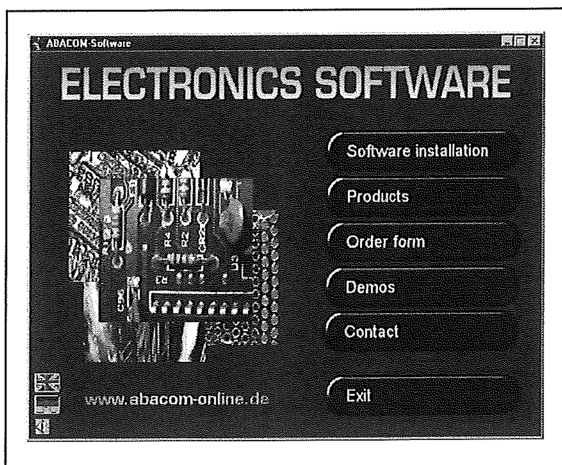


### Systeemeisen

Sprint Layout versie 4.0 stelt werkelijk minimale eisen aan uw systeem. Iedere versie van Windows vanaf 95 is goed, het programma neemt maximaal 4,7 MB ruimte op uw harde schijf in beslag.

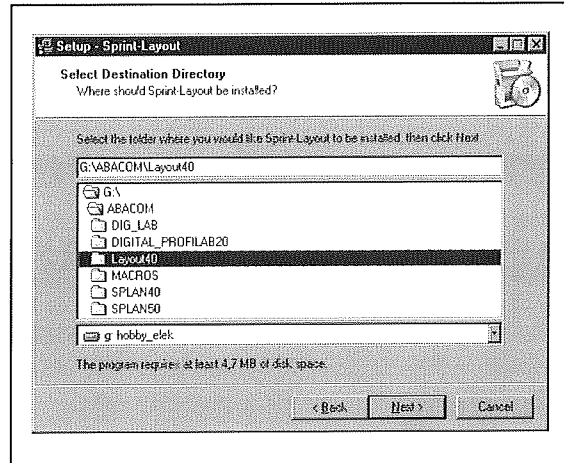
### Installatie

Na het inleggen van de CD-ROM verschijnt automatisch een openingsscherm, waarin u kunt kiezen voor Duitse of Engelse installatie van het programma. In deze bespreking wordt uitgegaan van de Engelstalige installatie. Na het aanklikken van de taalkeuze ziet u het venster van figuur 3/8.9.13-1 verschijnen. U klikt hierin uiteraard op de optie “Software installation”.




**Figuur 3/8.9.13-1:** Het venster waarmee de installatie van Sprint Layout start.

Vervolgens verschijnt het van Windows bekende venster “Sprint-Layout Set-up Wizard”. Na een klik op “Next” kunt u in het venster van figuur 3/8.9.13-2 de directory selecteren waarin het programma wordt geïnstalleerd. De Set-up Wizard maakt in deze directory automatisch een subdirectory Layout40 aan.




**Figuur 3/8.9.13-2:** Het selecteren van de installatie directory.

Na een venster waarin u de “Start Menu Folder” kunt selecteren verschijnt het venster “Ready to Install”. Uw klik op de optie “Install” zorgt ervoor dat Sprint Layout versie 4.0 in een paar minuutjes wordt geïnstalleerd. U kunt nadien de CD-ROM weer opbergen.

### Het werkvenster van Sprint Layout

Na het op de standaard Windows-manier opstarten van het programma verschijnt het werkvenster van figuur 3/8.9.13-3 in beeld. Wij hebben hier de voorbeeld print, die bij het programma wordt geleverd, ingelezen.

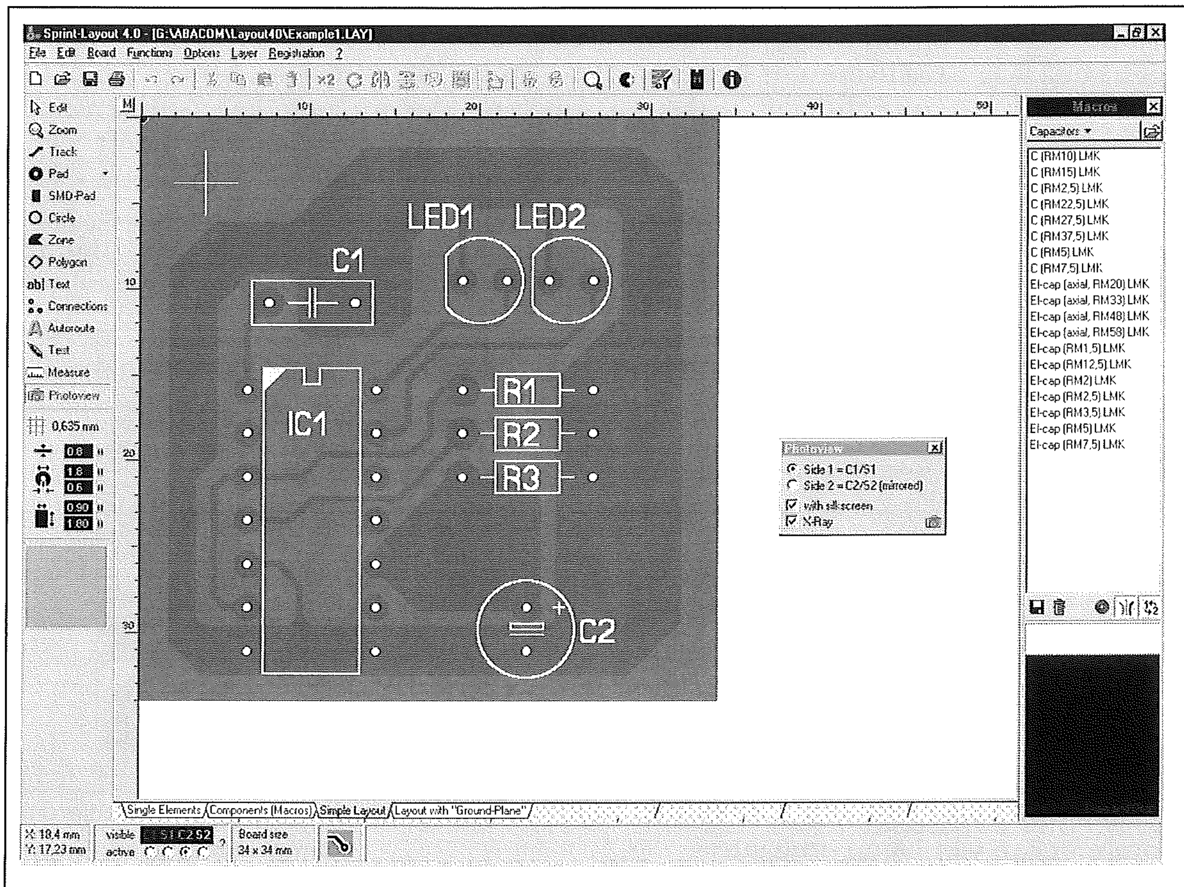
De belangrijkste instrumenten staan links en rechts. Links ziet u een lijstje met gereedschappen, van “Edit” tot en met “Photoview”. Rechts is het “Macro”-venster weergegeven. Hieruit selecteert u de componenten die u op uw printplaat moet onderbrengen.

## Belangrijke begrippen

### Lagen

Sprint Layout versie 4.0 ondersteunt vier tekenlagen.

**8.9 Software voor de ontwerper**

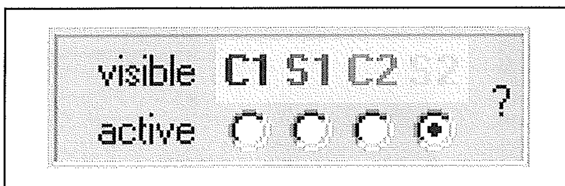



**Figuur 3/8.9.13-3:** Het werkvenster van Sprint Layout 4.0.

De zijde van de print waarop later de componenten worden gemonteerd bevat de lagen S1 en C1. “S” staat voor “Silk Screen Layer”, de laag waarop u de componenten tekent. C staat voor “Copper Layer”, de laag waarop u soldeereilandjes (pad’s) en koperbanen (track’s) aanbrengt en waarop u later soldeert.
De andere zijde van de print bevat de lagen S2 en C2. U moet de betekenis van deze vier lagen goed tot u door laten dringen. Als u een enkelzijdige print ontwerpt, mag u alleen de lagen S1 en C2 gebruiken. Alle koperen onderdelen horen dan thuis op de laag C2, alle tekenelementen op de laag S1.

Iedere laag wordt voorgesteld door een eigen kleur, wat een zeer overzichtelijke print tot gevolg heeft. In de standaard instelling wordt bijvoorbeeld alles op laag S1 rood getekend en alles op laag C2 groen.
Op ieder moment is maar één laag actief. Daar moet u goed op letten, want anders gaat er gegarandeerd iets mis. Welke laag actief is ziet u links onder in het venster, zie figuur 3/8.9.13-4. U kunt een andere laag activeren door in het rondje onder de benaming te klikken. Als u dus een kopereilandje aanbrengt, moet u eerst de laag C2 activeren. Schrijft u het nummer van een onder-

deel op de print, bijvoorbeeld R1, dan moet u eerst laag S1 activeren. U kunt lagen zichtbaar en onzichtbaar maken door op de benaming van de lagen te klikken.
Lagen activeren kunt u ook met de toetsen <F1> tot en met <F4>, lagen zichtbaar of onzichtbaar maken met de toetsen <F5> tot en met <F8>.

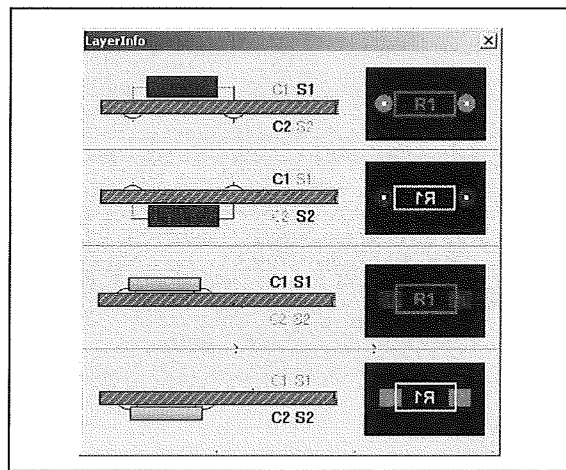



**Figuur 3/8.9.13-4:** Van de vier beschikbare lagen kunt u er steeds maar één actief maken.

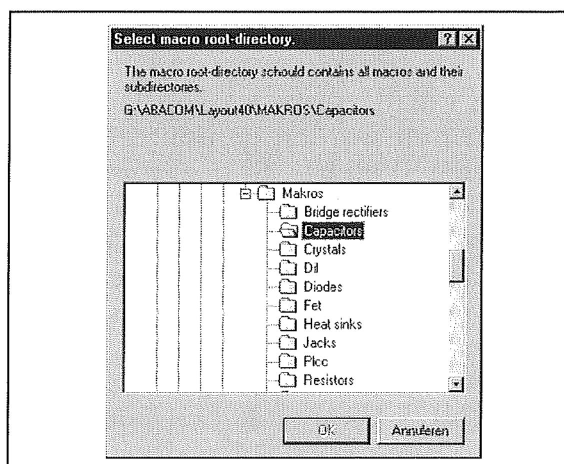
Als u op het vraagteken klikt naast de lagenindicator, verschijnt een informatievenstertje, zie figuur 3/8.9.13-5, waarin nog eens wordt aangegeven hoe Sprint Layout met zijn vier lagen omgaat.

### Werken met macro's

In de terminologie van Sprint Layout zijn macro's elektronische onderdelen. Deze bestaan uit een vereenvoudigde grafische voorstelling van het onderdeel (de outline) die op de componentenzijde van de print wordt getekend en een aantal soldeereilandjes (pad's) die op de koperzijde worden geplaatst.
Deze macro's vormen dus de basis van uw ontwerp en het plaatsen van de macro's is een van de eerste stappen in het ontwerpen van een print. Sprint Layout bevat een uitgebreide bibliotheek met macro's, maar u kunt op een heel eenvoudige manier eigen macro's aan de bibliotheek toevoegen. Bij het opstarten van het programma zijn de macro's niet actief. U krijgt toegang tot de macro-directories door in het "Options"-menu de optie "Show macro library" aan te klikken. Het nu nog lege sub-venster, rechts in het werkscherm, heeft een klein map-symbooltje. Als u daarop klikt verschijnt de directory met alle macro-bestanden in beeld, zie figuur 3/8.9.13-6.



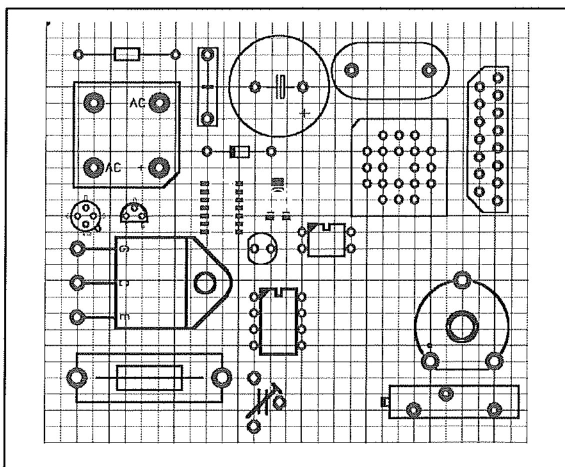

**Figuur 3/8.9.13-5:** Het informatievenstertje dat de vier lagen C1, S1, C2 en S2 duidelijk definieert.




**Figuur 3/8.9.13-6:** In dit venster kiest u een van de macro-bibliotheken.

Het programma beschikt over de volgende bibliotheken:

- bruggelijkrichters;
- condensatoren;
- kristallen;
- DIL-IC's;
- dioden;
- FET's;
- koelplaten;
- connectoren;
- PLCC-IC's;
- weerstanden;
- SMD onderdelen;
- thyristoren en triac's;
- transformatoren;
- transistoren;
- trimmers;
- spanningsstabilisatoren.



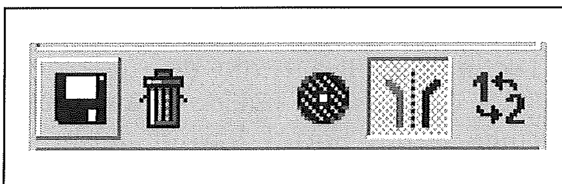
**Figuur 3/8.9.13-7:** Een alles behalve compleet overzicht van de beschikbare macro's.

Iedere bibliotheek bevat meestal tientallen diverse componenten uit de groep, die voorzien zijn van een duidelijke naam. De weerstand "R(RM10)" vertegenwoordigt een liggende weerstand met een rastermaat (RM) van 10 mm. De FET "TO220-GDS (flat)" stelt een liggende FET voor in TO-220 behuizing met als aansluitvolgorde van links naar rechts gate-drain-source.

In figuur 3/8.9.13-7 hebben wij een twintigtal standaard onderdelen uit de bibliotheken op een proefprintje geplaatst. Zo krijgt u een mooi overzicht van de componentenrijkdom van het programma.
Een component plaatst u op uw printontwerp door de tekening van het onderdeel, rechts onder in beeld, met de muis naar de print te slepen. Alle componenten uit de bibliotheek plaatsen zowel de outline (de tekening) als de pad's (de soldeereilandjes) op de juiste laag van uw ontwerp. Werkt u bijvoorbeeld met laag S1 actief en plaats u een weerstand, dan wordt de outline van het onderdeel op laag S1 geplaatst en de pad's op laag C2. Bij SMD-onderdelen worden outline en pad's uiteraard automatisch op dezelfde zijde van de print geplaatst, dus de outline op S1 en de pad's op C1. Bij gemengd gebruik van normale en SMD-componenten zitten de onderdelen aan weerszijden van de print. Ook hiermee houdt Sprint Layout automatisch rekening. Monteert u een onderdeel op de koperzijde van de print, dan wordt dit onderdeel automatisch gespiegeld.

**Bewerkingen op macro's**
Onder de lijst met macro's staan vijf drukknopjes, zie figuur 3/8.9.13-8. Met deze knoppen kunt u, van links naar rechts, de volgende bewerkingen op een macro uitvoeren:
- Save macro:
  Hiermee kunt u geselecteerde objecten in uw ontwerp opslaan als een nieuwe macro. Op deze manier kunt u regelmatig terugkomende patronen, bijvoorbeeld acht naast elkaar geplaatste weerstanden, in de bibliotheek onder een eigen naam opnemen.

- Delete macro:
  Deze optie verwijdert een geselecteerde macro van uw harde schijf.
- Through-pad macro:
  Met deze optie maakt u van alle pad's van de geselecteerde macro "through-pad's, oftewel soldeereilandjes die doorgemetalliseerd moeten worden. Dat noemt men "via's". De pad's worden dan aan weerszijde van uw ontwerp geplaatst, dus zowel op C1 als op C2.
- Mirror macro:
  Deze optie spiegelt de macro.
- Change side:
  Met deze laatste optie verplaatst u een macro van de ene naar de andere zijde van de print. In de meeste gevallen zal het noodzakelijk zijn ook de optie "Mirror macro" toe te passen.



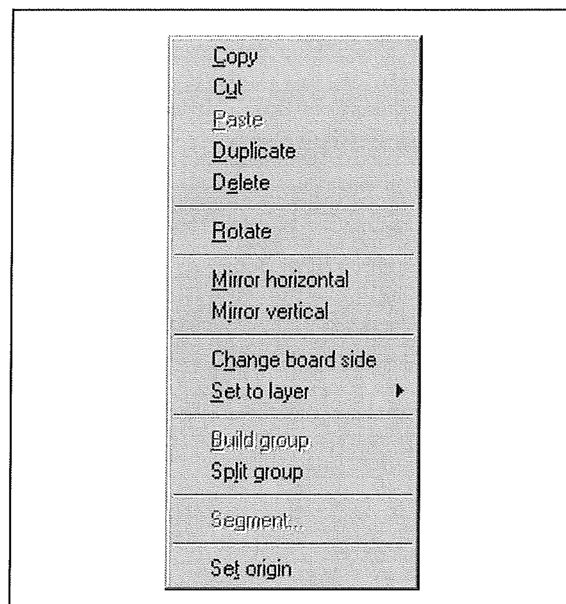
**Figuur 3/8.9.13-8:** Met deze vijf drukknopjes kunt u macro's manipuleren.

### Macro's en de rechter muisknop

Als u met de rechter muisknop op een macro op uw printontwerp klikt, verschijnt het pop-up menu van figuur 3/8.9.13-9. Hiermee kunt u extra handelingen op de macro uitvoeren, zoals kopiëren, wissen, dupliceren, etc. De meeste opties zijn zelf-verklarend. Alleen de opties "Build group" en "Split group" behoeven toelichting.

Een macro is opgebouwd uit diverse losse tekenelementen zoals lijnen, cirkelsegmenten, boogsegmenten, pad's, etc. Met "Build group" maakt u van al deze losse elementen een geheel, dus één groep. Het voordeel hiervan is dat u nadien op alle gecombineerde elementen gezamenlijke bewerkingen kunt uitvoeren, zoals kopiëren, spiegelen en verplaatsen. Kortom, alle elementen gedragen zich als één superelement.

Met "Split group" doet u precies het tegengestelde. U ontleedt een macro in zijn losse tekenelementen. Nadien kunt u ieder element selecteren en er een bewerking op toepassen.

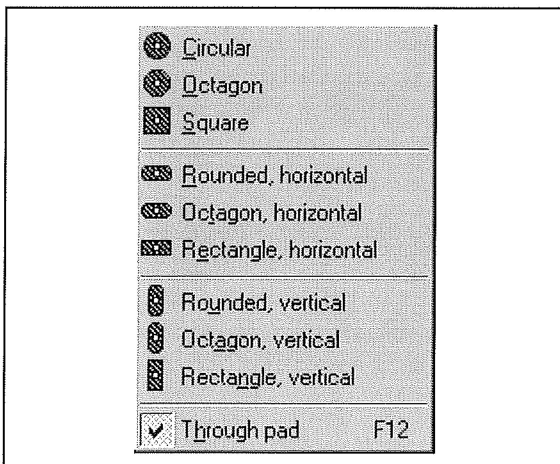



**Figuur 3/8.9.13-9:** Met de rechter muisknop krijgt u toegang tot een pop-up menu, waarmee u bewerkingen op macro's kunt uitvoeren.

### Pad's, via's en drill holes tekenen

Hoewel u, dank zij de handige macro's, maar heel weinig soldeereilandjes met de hand moet aanbrengen, beschikt Sprint Layout op dat gebied over alle gewenste opties. In de linker lijst treft u het gereedschap "Pad" aan. Als u hierop klikt kunt u losse pad's in uw ontwerp aanbrengen. Klikt u op het pijltje naast

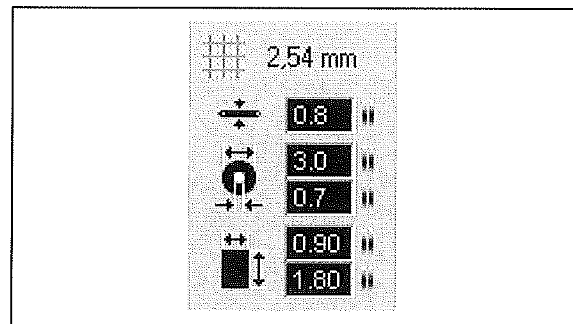
het woord Pad, dan ziet u het selectielijstje van figuur 3/8.9.13-10, waar u de gewenste vorm van het soldeereilandje kunt selecteren. Door de optie "Through pad" aan te vinken wordt het geselecteerde eilandje een via, oftewel een pad dat bij de productie van uw print doorgemetalliseerd moet worden. Deze optie plaatst het pad dus op beide koperlagen van uw print. Een via wordt door een groen/blauw streepjespatroon voorgesteld. Logisch, dit pad zit immers op de blauwe laag C1 én op de groene laag C2.




**Figuur 3/8.9.13-10:** Het selecteren van de gewenste vorm van een soldeereilandje oftewel pad.

Het unieke van Sprint Layout is dat u de afmetingen van ieder individueel pad kunt instellen. Met de in figuur 3/8.9.13-11 voorgestelde knopjes kunt u zowel de buiten- als de binnendiameter van ieder pad definiëren. Als u met de muis op de twee balkjes naast de cijfervakjes gaat staan, kunt u met de linker en rechter muisknoppen de afmetingen vergroten en verkleinen.

"Drill holes" zijn gaten die in uw print worden geboord voor het bevestigen van onderdelen op de print en voor het vastschroeven van de print op een chassis. Sprint Layout heeft geen afzonderlijke optie om dergelijke gaten aan te brengen. Maar als u een cirkelvormig pad selecteert en de binnen- en buitendiameters op dezelfde waarde instelt (bijvoorbeeld 3,2 mm), dan ontstaat vanzelf een boorgat. Een boorgat wordt voorgesteld door een witte cirkel met een paskruis er in.




**Figuur 3/8.9.13-11:** Met deze knopjes stelt u de afmetingen van koperbanen (track's), soldeereilandjes (pad's) en SMD-pad's individueel in.

## SMD-pad's tekenen

Op de reeds beschreven manier kunt u uw print voorzien van koperen vlakjes waar u nadien uw SMD-componenten op vast soldeert. Selecteer hiervoor het werktuig "SMD-Pad", definieer in het venstertje van figuur 3/8.9.13-11 de breedte en hoogte en sleep het SMD-pad met de muis naar uw printontwerp. Zorg ervoor dat u eerst de juiste laag actief maakt.

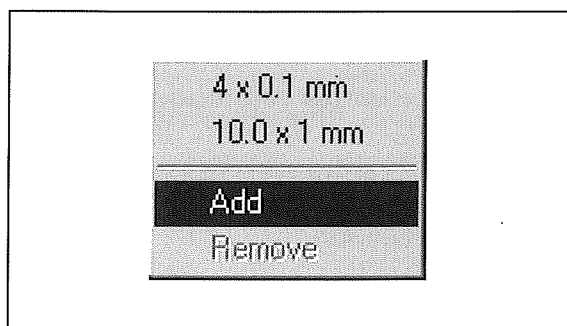
## Printbanen tekenen

Hoewel de functie "Autoroute" heel wat handwerk van u overneemt, ontkomt u er tóch niet aan printbanen met de hand te tekenen. Selecteer hiervoor in de lin-

ker lijst het gereedschap “Track”. Vul in het venster van figuur 3/8.9.13-11 de dikte van de track in. Beweeg de muis naar het beginpunt van een koperspoor en druk op de linker muisknop. Als u de cursor vervolgens verplaatst, ziet u de koperbaan ontstaan. Klik weer op de linker muisknop als u een hoekpunt in het spoor wilt aanbrengen. Ga op deze manier verder tot u het eindpunt van het spoor heeft bereikt. Klik dan op de rechter muisknop om het koperspoor af te sluiten.

**Track’s, pad’s en SMD-pad’s definiëren**

Een handige functie van Sprint Layout is dat u deze drie elementen kunt definiëren voor toekomstig gebruik. Stel dat u vaak een pad nodig heeft met een buitendiameter van 3 mm en een binnendiameter van 0,7 mm. Vul deze gegevens in het venster van figuur 3/8.9.13-11 in. Klik nu op het pad-symbool in deze figuur. Er verschijnt nu een pop-up venstertje in beeld met de optie “Add” reeds geselecteerd. Klik op deze optie en het pad met de afmetingen 3/0,7 mm wordt in het lijstje opgenomen en kan steeds weer worden opgeroepen.
Hetzelfde geldt voor SMD-pad’s en voor track’s.

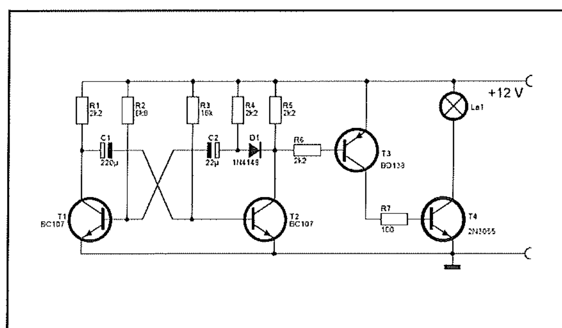



**Figuur 3/8.9.13-12:** Het definiëren van pad’s, track’s en SMD-pad’s.

# Aan de slag

**Een eenvoudig schema als voorbeeld**

Hiermee hebben wij lang niet alle functies en opties van Sprint Layout versie 4.0 behandeld. Maar in plaats van al deze opties een na een te beschrijven gaan wij, samen met u, het programma verkennen aan de hand van een zeer eenvoudig voorbeeld. In figuur 3/8.9.13-13 is een schemaatje getekend van een knipperlicht met groot vermogen. U zou dit schema kunnen gebruiken om een lamp aan te sturen als uw inbraakalarm wordt geactiveerd. De 12 V lamp La1 kan een vermogen van 48 W hebben, meer dan genoeg om in een duistere nacht de hele straat aan te lichten. Dit schema is getekend met Splan, een schemateken programma van Abacom.

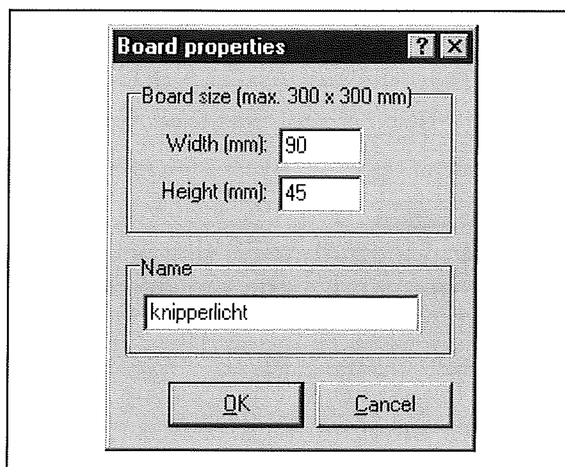



**Figuur 3/8.9.13-13:** Het eenvoudig schema dat wij op een print gaan zetten.

**Stap 1: afmetingen van de print instellen**

Door alle onderdelen even op een plat vlak te rangschikken schatten wij in dat dit schema gemakkelijk op een print van 45 mm bij 90 mm past. Start Sprint Layout op, ga naar het “File”-menu en selecteer de optie “New”. Meteen verschijnt het venster van figuur 3/8.9.13-14 in beeld. Vul de afmetingen van de print in en bedenk een naam voor het ontwerp.

**8.9 Software voor de ontwerper**

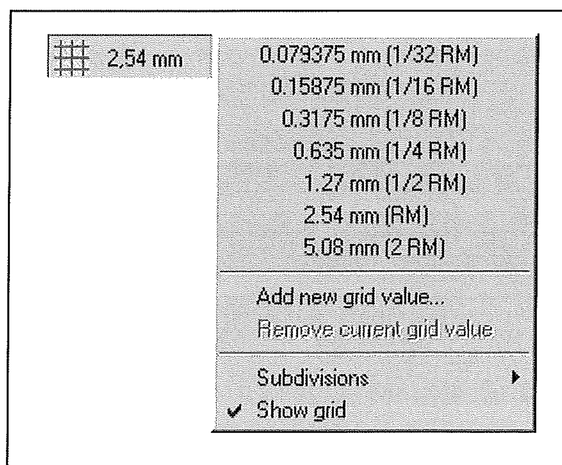



**Figuur 3/8.9.13-14:** Het instellen van de afmetingen van de print.

Heeft u geen idee hoe groot de print moet worden? Geen probleem, definieer een grote print, de afmetingen kunt u later altijd reduceren. Ga hiervoor naar het menu "Board" en selecteer de optie "Properties".

**Stap 2:**
**uw project saven**
Hoewel u in stap 1 een naam heeft ingevuld, betekent dit niet dat u uw project al heeft gesaved op uw harde schijf. U heeft alleen één print uit uw project een eigen naam gegeven. Sprint Layout ondersteunt namelijk het opnemen van meer dan een print in een project. Als u een versterker ontwerpt heeft u bijvoorbeeld drie printen nodig: de print voor de voeding, de voorversterker print en de eindversterker print. Die drie printen kunt u, ieder onder een eigen naam, in één project opnemen. Maar u moet dit project dan wel saven onder een algemene projectnaam. Ga hiervoor naar het "File"-menu en selecteer de optie "Save as". Vul een projectnaam in. Alle printen in dit project worden nu in één bestand op uw harde schijf opgeslagen.

**Stap 3:**
**printraster instellen**
Zoals u wellicht weet, werkt men bij het ontwerpen van printplaten meestal met een raster van 1/10 inch (2,54 mm). Dat betekent dat alle pad's van het ontwerp een veelvoud van 1/10 inch uit elkaar staan. De pennetjes van een DIL-IC staan bijvoorbeeld precies 2,54 mm uit elkaar en dat geldt voor een heleboel onderdelen. U moet dus het raster instellen. Dat doet u door in het venstertje van figuur 3/8.9.13-11 op het raster-pictogram te klikken. In de lijst die dan verschijnt, zie figuur 3/8.9.13-15, klikt u op 2,54 mm. De nog volledig lege print wordt nu gevuld met een lijnenpatroon, het printraster. Alle snijpunten liggen 2,54 mm uit elkaar. Als u nu een macro, een pad of een track aanbrengt, zult u merken dat de cursor alleen van rasterpunt naar rasterpunt springt.

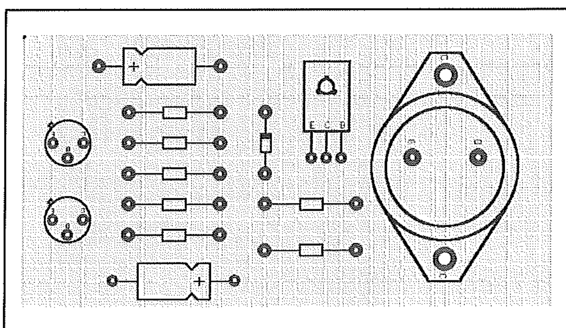



**Figuur 3/8.9.13-15:** Het instellen van het raster van de print.

**Belangrijke opmerking**
Uiteraard zijn er componenten waarvan de aansluitpennen niet op een veelvoud van 2,54 mm van elkaar zitten. Soms moet u dus macro's, pad's en track's aan-

brengen tussen de rasterpunten. Als u de <Ctrl> ingedrukt houdt tijdens het verplaatsen van de cursor zult u merken dat het magnetisch raster wordt uitgeschakeld en dat u macro's, pad's en track's op iedere plaats van de print kunt neerzetten.

**Stap 4:**
**aanbrengen van de componenten**
De volgende stap is het tekenen van alle componenten van het schema op uw print. Dank zij de uitgebreide bibliotheek met macro's is deze klus binnen een paar minuten geklaard, zie figuur 3/8.9.13-16. Voor dit ontwerpje hebben wij gebruik gemaakt van de macro's:
- R(RM15);
- TO-39;
- Diode(RM10);
- El-cap(RM20);
- TO-126-ECB(flat);
- TO-3(EBC).

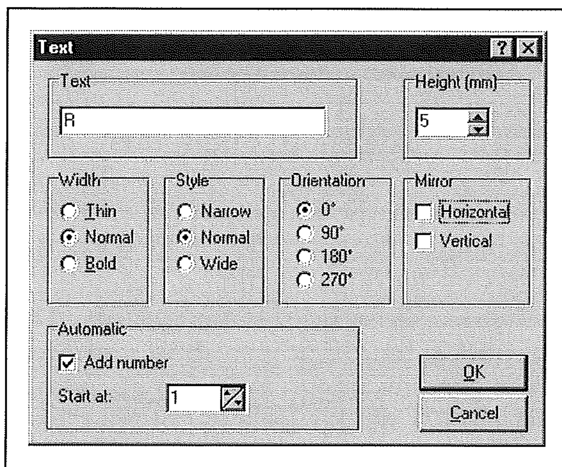

**Figuur 3/8.9.13-16:** Voor het tekenen van de componenten op uw print maakt u gebruik van de uitgebreide macro-bibliotheek.

Uiteraard zult u af en toe macro's moeten roteren. Dit kan op de aan de hand van figuur 3/8.9.13-9 beschreven manier.
Denkt u er aan dat u bij een dergelijke eenvoudige enkelzijdige print laag S1 actief houdt? Dé garantie dat alle outlines van alle macro's automatisch op laag S1 terecht komen en alle pad's op laag C2.

**Stap 5:**
**extra's tekenen**
Uw print moet natuurlijk vier boorgaatjes in de hoeken krijgen om de print te kunnen bevestigen. Bovendien zijn vier pad's noodzakelijk voor de soldeerlipjes voor de lamp, de +12 V voeding en de massa. Die moet u nu aanbrengen op de reeds beschreven manier.

**Stap 6:**
**de componenten nummeren**
Op uw ontwerp staan nu zeven weerstanden, twee condensatoren, één diode en vier transistoren. Wat is wat? U moet nu dus alle componenten voorzien van een naam. U weet wel: weerstanden van R1 tot en met R7 benoemen, etc. Hiervoor heeft Sprint Layout het handige "Text"-gereedschap. De teksten horen uiteraard thuis op de laag S1, u moet deze dus eerst actief maken.
Laten we eerst maar eens alle weerstanden benoemen. Klik in de linker lijst op de knop "Text". In het venster van figuur 3/8.9.13-17 vult u in het vak "Text" gewoon de letter "R" in. Klik de optie "Add number" aan en vul in "Start at" het cijfer "1" in. Ga nu met de muis weer naar uw print. De cursor verandert in "R1". Druk <Ctrl> in en plaats de tekst "R1" ergens onder het symbool van deze weerstand. Dat doet u door op de gewenste plaats op de linker muisknop te klikken. De tekst "R1" wordt op uw print geplaatst en de cursor verandert in "R2". Door de optie "Add number" aan te vinken heeft u er namelijk voor gezorgd dat Sprint Layout identieke componenten automatisch doornummert! Op deze manier

kunt u in minder dan tien seconden de zeven weerstanden identificeren.
Klik op de rechter muisknop om de actie af te sluiten. Herhaal de procedure voor de tekst “C”, “D” en “T”.

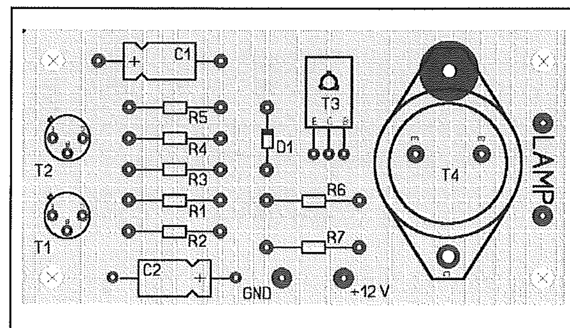



**Figuur 3/8.9.13-17:** Via dit venstertje gaat u alle componenten op uw print benoemen.

Alle componenten benoemd? Dan zijn er nog vier pad’s tekstloos: de massa, de voeding en de twee lamp-aansluitingen. Herhaal de beschreven actie, maar nu uiteraard zonder de optie “Add number” aan te vinken, en zet de teksten “GND”, “+12 V” en “LAMP” bij de soldeerlipjes. Door de optie “Mirror” aan te vinken kunt u de tekst eventueel 90° roteren.

**Stand van zaken**

Wij zijn nu klaar voor het belangrijkste werk: het koperpatroon aanbrengen. Als alles goed is gegaan ziet uw print er nu uit zoals getekend in figuur 3/8.9.13-18. Of toch niet? De outline van alle componenten is veel dunner dan weergegeven in deze figuur. Kwestie van smaak, maar wij vonden dikkere lijntjes mooier. U ook? Geen probleem, klik de outline van een component aan en ga met de muis naar het venstertje van figuur 3/8.9.13-11. Met de instelling van de track-dikte kunt u nu ook de dikte van de lijnen van de outline van de componenten aan uw eigen smaak aanpassen.



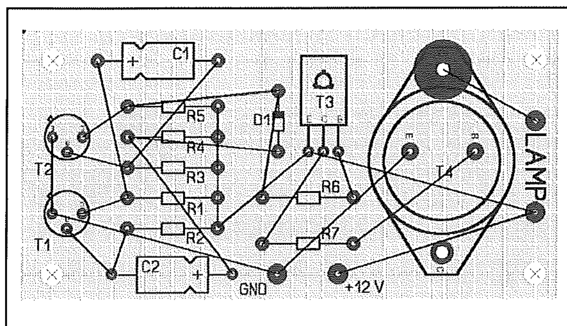

**Figuur 3/8.9.13-18:** Uw print is klaar om voorzien te worden van het patroon van kopersporen.

**Stap 7:**
**het “ratsnest” aanbrengen**

U kunt nu met de hand alle kopersporen aanbrengen. Maar Sprint Layout biedt een oplossing om dit werkje grotendeels te automatiseren. Zoals reeds geschreven in de inleiding bevat versie 4.0 een eenvoudige autorouter. Maar dan moet het programma wél eerst weten welke pad’s met elkaar moeten worden verbonden. Vandaar dat u eerst met de hand het zogenaamde “ratsnest” moet tekenen. Dit “ratsnest” bestaat uit de recht-toe-recht-aan verbindingen tussen alle pad’s die met elkaar worden verbonden. Selecteer in de gereedschapslijst de optie “Connections”. Ga met de muis naar een pad, klik op de linker muisknop en verplaats de muis naar een pad waarmee het eerste pad verbonden moet worden. Klik weer op de linker muisknop. Sprint Layout tekent nu een dun lijntje tussen beide pad’s.
Herhaal deze bewerkingen tot alle te verbinden pad’s met elkaar verbonden zijn.

**8.9 Software voor de ontwerper**

Sluit de actie af met een druk op de rechter muisknop. Het resultaat zie u in figuur 3/8.9.13-19.




**Figuur 3/8.9.13-19:** Het "ratsnest" van uw print bevat nu alle recht-toe-recht-aan verbindingen tussen alle te verbinden pad's.

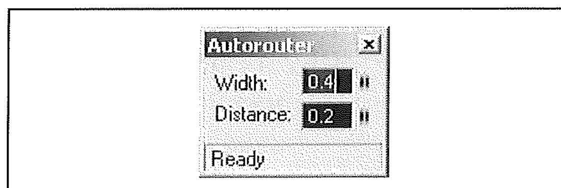
Heeft u per ongeluk een verkeerde connection getekend? Die kunt u niet wissen met <Delete>, maar door de connection nog eens te tekenen.

### Stap 8:
### het "ratsnest" optimaliseren

Het ratsnest is "rubber banded" gekoppeld aan de pad's. Als u een onderdeel verplaatst, dan zullen de dunne lijntjes van het ratsnest mee verplaatsen. Dit biedt u uiteraard de prachtige mogelijkheid om het ratsnest te optimaliseren. Het zal immers duidelijk zijn dat het aanbrengen van de kopersporen heel problematisch wordt als erg veel lijntjes van het ratsnest elkaar kruisen. Hoe meer kruisende lijntjes, hoe groter de kans dat u met draadbruggetjes moet gaan werken of moet overschakelen naar een dubbelzijdige print. Door nu onderdelen te verplaatsen en/of te roteren kunt u proberen zo weinig mogelijk kruisende lijntjes in het ratsnest over te houden. Bij complexe printen is dit een hele klus, maar als troost kan worden opgemerkt dat dit zelfs bij de allerduurste printontwerp programma's ook nog steeds met de hand moet gebeuren. Bij dit uiterst simpel voorbeeldje hebben wij deze stap achterwege gelaten.

### Stap 9:
### de "Autorouter" inschakelen

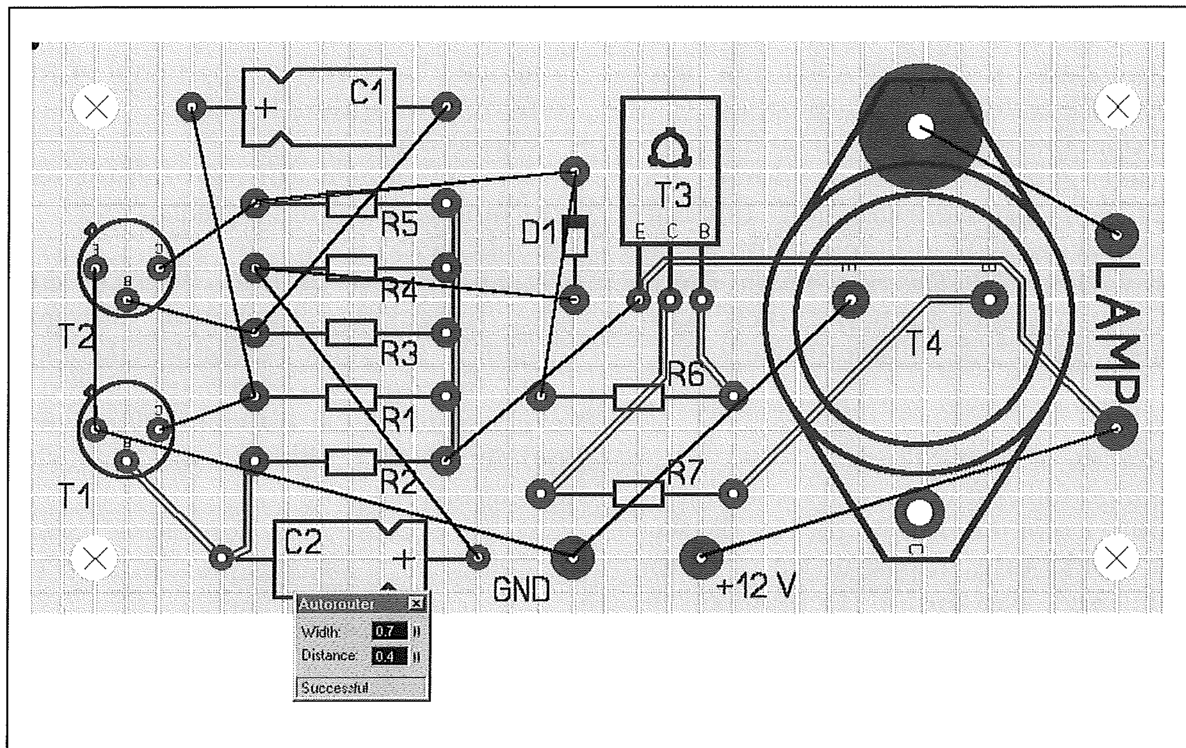
Bij zeer dure printontwerp pakketten klikt u nu op de knop "Autorouter". Vervolgens gaat uw PC een kwartier zoemen en verrast u nadien met een vrijwel compleet printontwerp. 90 % tot 95 % van de lijnen van het ratsnest zijn omgezet in elkaar niet kruisende kopersporen. De rest moet u handmatig aanbrengen. Dát kunt u van een nog geen vijftig euro kostend pakket als Sprint Layout niet verwachten.
Tóch is de autorouter een zeer handig en tijdbesparend gereedschap. U start de autorouter door in de linker gereedschapslijst op de knop "Autoroute" te klikken. In het venstertje van figuur 3/8.9.13-20 definieert u de breedte van het koperspoor (Width) en de afstand tussen het koperspoor en andere sporen of gaatjes op de print (Distance).




**Figuur 3/8.9.13-20:** In dit venstertje definieert u de parameters van de autorouter.

De autorouter van Sprint Layout versie 4.0 is een eenvoudige punt-naar-punt router, die een door u geselecteerde lijn uit het ratsnest omzet naar een koperspoor. Het werken met dit gereedschap is in principe eenvoudig.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.13-21:** De autorouter in actie: we beginnen met het autorouten van de eenvoudigste verbindingen.

U selecteert met de muis een lijn uit het ratsnest (deze wordt paars) en klikt op de linker muisknop. Sprint Layout zet deze lijn om in een koperspoor. Zo kunt u lijn na lijn uit het ratsnest razendsnel omzetten in koperpatroon.
Die eenvoud is echter verraderlijk. Als u zonder nadenken lijn na lijn aanklikt dan loopt u zonder enige twijfel, zelfs bij dit zeer eenvoudig ontwerp, volledig vast. Het omzetten van het ratsnest in een koperpatroon vereist ervaring en beleid.
Start met de meest eenvoudige lijnen uit het ratsnest. In dit voorbeeld kunt u bijvoorbeeld starten met:

- verbinding tussen de +12 V en de lamp;
- collector van T4 naar lamp;
- R7 naar basis T4;
- gemeenschappelijke verbindingen van R1 t/m R5;
- C2 naar R2;
- C2 naar basis T1;
- R3 naar basis T2;
- R5 naar collector T2;
- R1 naar collector T1;
- emitters van T1 en T2;
- etc.

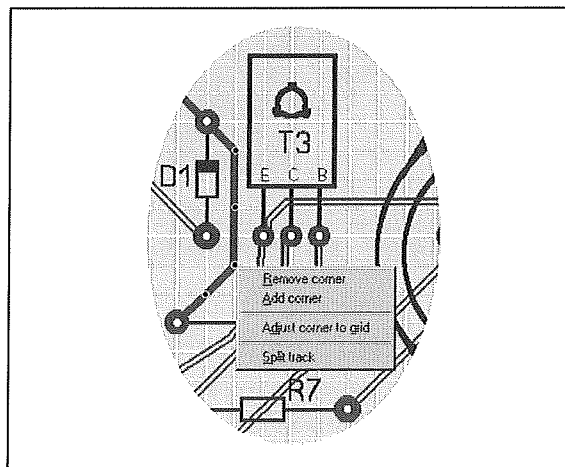
Als deze korte verbindingen zijn omgezet kunt u verder gaan met de complexere verbindingen. Als Sprint Layout een lijn uit het ratsnest naar een printspoor heeft omgezet op een manier die u niet bevalt is er niets aan de hand. U klikt opnieuw op de verbinding en het koperspoor wordt weer omgezet naar een lijn van het ratsnest. Vervolgens probeert u een andere volgorde met misschien een beter resultaat. Op deze manier moet u

in staat zijn zeker 90 % van de lijnen van het ratsnest op een bevredigende manier om te zetten in een koperspoor.
De kopersporen die door de autorouter worden gemaakt worden voorgesteld door een driekleurige lijn: donkergroen, lichtgroen, donkergroen, zie figuur 3/8.9.13-21. De printsporen die u zélf met het gereedschap "Track" aanbrengt zijn volledig donkergroen.

**Stap 10:**
**het handwerk met "Track"**
Na enige tijd zult u merken dat de autorouter er niet meer uitkomt. Het display gaat tweekleurig knipperen en de autorouter zegt "Not found". Dergelijke verbindingen moet u met de hand aanleggen, uiteraard met het gereedschap "Track". Soms zal het noodzakelijk blijken bepaalde sporen die de autorouter heeft aangebracht te verwijderen en met de hand een ander patroon te leggen.

**Stap 11:**
**de print optimaliseren**
Ieder spoor dat u of de autorouter aanlegt bestaat uit lijnstukken die door hoekpunten met elkaar zijn verbonden. In de laatste fase van het proces kunt u de ligging van sporen optimaliseren door hoekpunten te verwijderen, te verplaatsen of zelfs extra hoekpunten aan te brengen. Ga naar het gereedschap "Edit" en klik een printspoor aan. Dit wordt paars weergegeven en u ziet alle hoekpunten als blauwe bolletjes, zie figuur 3/8.9.13-22. Klik met de rechter muisknop op zo'n hoekpunt en u ziet een pop-up venstertje verschijnen met de opties:
- Remove corner:
  Hiermee verwijdert u het hoekpunt.
- Add corner:
  U brengt een extra hoekpunt aan, zodat u nadien het verloop van het printspoor kunt optimaliseren.
- Adjust corner to grid:
  Het hoekpunt wordt naar het dichtst bijzijnd rasterpunt verplaatst.
- Split track:
  Het printspoor wordt op de plaats van het aangeklikte hoekpunt "doorgesneden" zodat twee afzonderlijke sporen ontstaan die u kunt manipuleren.

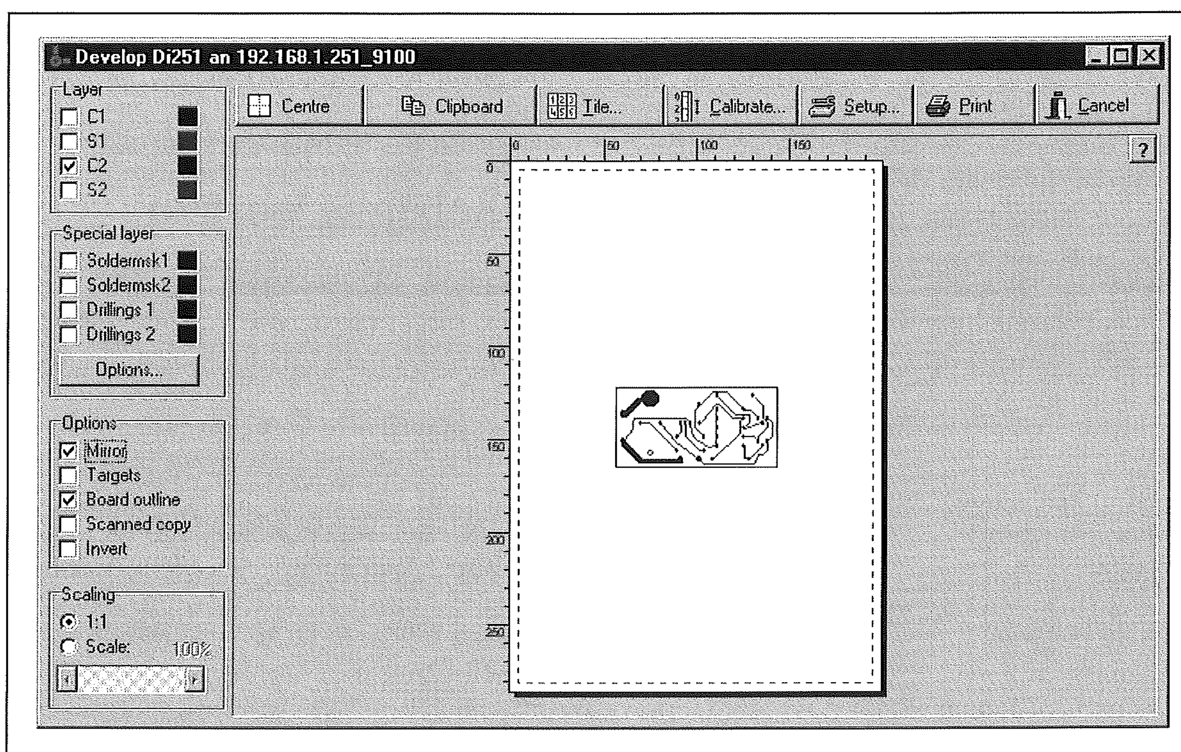
Verplaatsen doet u uiteraard door een hoekpunt aan te klikken en dit met de muis te verplaatsen.




**Figuur 3/8.9.13-22:** U kunt vervolgens de printsporen die de autorouter heeft aangebracht optimaliseren door hoekpunten aan te klikken en deze te verwijderen of te verplaatsen.

**Stap 12:**
**het gereedschap "Photoview" toepassen als laatste controle**
Als laatste stap kunt u het gereedschap "Photoview" inschakelen. De print wordt nu in een fotorealistische weergave op uw scherm getoond, dus alsof de print reeds gemaakt en bestukt is, zie figuur 3/8.9.13-23.

**8.9 Software voor de ontwerper**



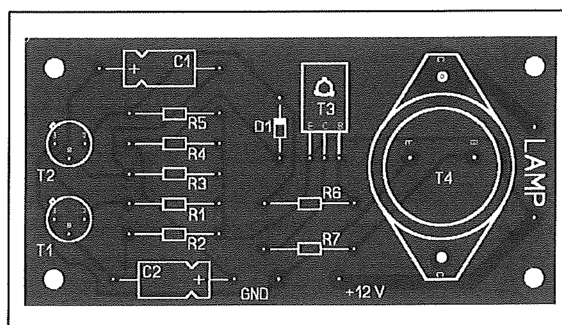

**Figuur 3/8.9.13-24:** In dit zeer uitgebreide werkvenster kunt u de afdruk van uw print tot in de details instellen.

Door het aanvinken van de optie "X-Ray" lijkt het alsof de print op een lichtbak ligt. U ziet het koperpatroon doorschemeren en alle te boren gaatjes zijn wit. Op deze manier kunt u uw ontwerp nog eens bestuderen en foutjes opsporen.

### Stap 13: uw printontwerp afdrukken

Als laatste stap kunt u uw printontwerp afdrukken. Ga naar het "File"-menu en klik de optie "Print"aan. U wordt geconfronteerd met een uitgebreid werkscherm, zie figuur 3/8.9.13-24, waarmee u uw ontwerp op alle gewenste manieren naar uw printer kunt sturen.

- Het vakje "Layer":
  Hierin stelt u in welke van de vier lagen u wilt afdrukken, dat kan ook een combinatie van diverse lagen zijn.




**Figuur 3/8.9.13-23:** Het gereedschap "Photoview" geeft een realistische voorstelling van uw compleet gemonteerde print.

- Het vakje "Special layer":
  U kunt Sprint Layout een soldeermasker laten genereren voor beide zijden van de print. Met de knop "Options" kunt u de afstand tussen soldeer-

eilandjes en het soldeermasker instellen.

- Het vakje "Options":
  Een paar extra printfuncties, zoals de mogelijkheid om de afdruk te spiegelen, de randen van de print weer te geven en de afdruk te inverteren.
- Het vakje "Scaling":
  De standaard instelling is dat uw printer uw ontwerp op schaal 1/1 afdrukt. In dit vakje kunt u eventueel een vergrotings- of verkleiningsfactor instellen.

Boven in het venster staat nog een aantal nuttige knoppen:

- Centre:
  Uw printontwerp wordt gecentreerd op de pagina.
- Clipboard:
  Uw printontwerp wordt naar het Clipboard van Windows gekopieerd, zodat u het in andere programma's kunt inlezen.
- Tile:
  Hiermee kunt u meerdere kopieën van uw print op één pagina afdrukken. Interessant als u een kleine serieproductie moet opzetten, dan kunt u bijvoorbeeld tien printontwerpen op één grote fotogevoelige printplaat maken.
- Calibrate:
  Niet alle printers werken met een absolute 1/1-schaal. Het kan gebeuren dat een print die u exact 100 mm breed heeft ontworpen met een breedte van 102 mm uit uw printer rolt. Met deze optie kunt u die fout compenseren door een schaalfactor in te voeren.
- Setup:
  Als u op deze knop klikt verschijnt het standaard Windows-venster waarin u een printer kunt selecteren.
- Print:
  Uw print word afgedrukt.
- Cancel:
  U verlaat het afdruk werkvenster.

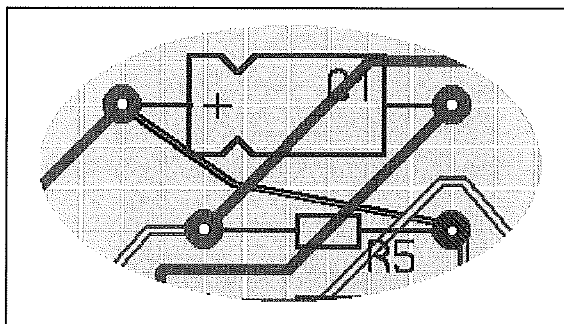
# Dubbelzijdig werken

**Gewone procedure volgen**

Bij het ontwerpen van dubbelzijdige printen volgt u in grote lijnen de beschreven procedure. U maakt de laag S1 actief en plaatst alle componenten, pad's en teksten. Ook het aanbrengen van het ratsnest gaat op de beschreven manier. Alleen bij het inschakelen van het gereedschap "Autoroute" wordt het interessant. U begint te autorouten met de koperlaag C2 actief. Als de autorouter een verbinding niet kan leggen, schakelt u om naar C1 en klikt weer op de lijn van het ratsnest. De autorouter legt nu een koperspoor op de bovenzijde van de print, hetgeen u onmiddellijk merkt aan de blauwe kleur van het spoor. Op deze manier kunt u uw print autorouten en eventueel de laatste sporen met de hand aanbrengen.

**Via's aanbrengen**

Helaas is Sprint Layout niet zo intelligent om zélf via's oftewel doorgecontacteerde gaatjes aan te brengen. Dat moet u nadien met de hand doen. In figuur 3/8.9.13-25 hebben wij een voorbeeldje gegeven. De verbinding tussen de pluspool van de elco C1 en de rechter aansluiting van de weerstand R5 is op de componentenzijde van de print aangebracht. U moet nu met de hand de twee betreffende soldeereilandjes omzetten in via's. Selecteer het "Pad"-gereedschap en maak het pad "Through". Plaats nu twee van dergelijke pad's over de soldeereilandjes van de elco en de weerstand.




**Figuur 3/8.9.13-25:** De verbinding tussen C1 en R5 is op de componentenzijde van de print gelegd. U moet nu met de hand de twee soldeereilandjes vervangen door via's.

# Overige functies

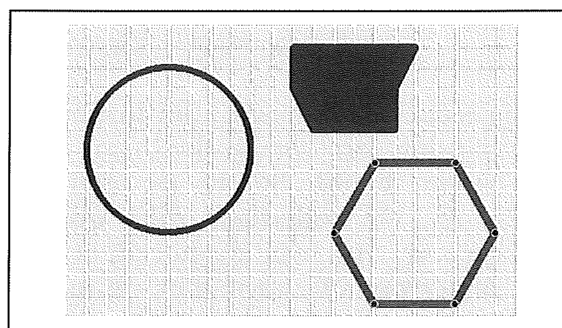
### Inleiding

Aan de hand van het eenvoudige voorbeeld hebben wij u een goed inzicht gegeven in de manier waarop u met Sprint Layout versie 4.0 kunt werken. Maar natuurlijk doen wij het programma hiermee groot onrecht aan, want onder de opties van de menu's zitten nog een heleboel interessante functies verborgen. Die gaan we even doorlopen.

### Tekenelementen

In de gereedschapsbalk staat een aantal pictogrammen, waarmee u grafische elementen op uw print kunt tekenen:
- Circle;
- Zone;
- Polygon.

Met "Circle" tekent u uiteraard cirkels, met "Zone" gevulde willekeurige veelhoeken en met "Polygon" open regelmatige veelhoeken, zie figuur 3/8.9.13-26. Deze laatste functie is met name handig als u bijvoorbeeld een eigen macro gaat ontwikkelen voor een draaischakelaar in printuitvoering. U tekent eerst een regelmatige twaalfhoek met de juiste diameter. Nadien kunt u met het gereedschap "Pad" de soldeereilandjes voor de printpennen van de schakelaar exact op de hoekpunten van de veelhoek zetten. Nadien verwijdert u de veelhoek. De lijndikte van de cirkels en veelhoeken stelt u op dezelfde manier in als u bij het "Track"-gereedschap doet.



**Figuur 3/8.9.13-26:** De resultaten van de gereedschappen "Circle", "Zone" en "Polygon".

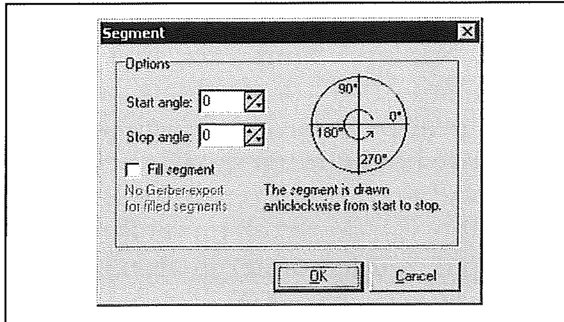
### Cirkelsegmenten

Bij het ontwerpen van de outline van macro's zult u vaak cirkelsegmenten nodig hebben. Iedere cirkel is gemakkelijk om te zetten naar een segment. Teken eerst een cirkel met de juiste lijndikte en diameter. Klik nadien met de rechter muisknop op de cirkel en kies "Segment" uit het pop-up menu. In het venster van figuur 3/8.9.13-27 kunt u nu de begin- en eindhoek van het cirkelsegment definiëren. Met het aanklikvakje "Fill segment" kunt u het cirkelsegment vullen.

### Het gereedschap "Zoom"

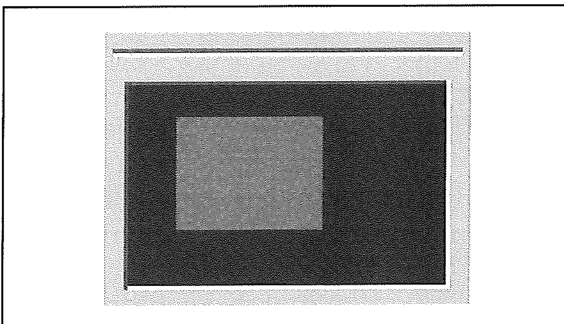
In de gereedschapsbalk treft u het bekende vergrootglas aan. Activeert u dit gereedschap, dan verandert de cursor in een vergrootglas en kunt u door op de linker of rechter muisknop te drukken in- en uitzoomen op uw ontwerp.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.13-27:** Het venstertje waarmee u cirkelsegmenten kunt tekenen.

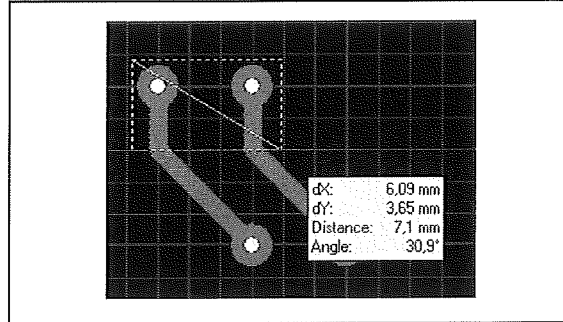
Handig is dat u helemaal onder in de gereedschapslijst ziet welk deel van de print u in beeld heeft, zie figuur 3/8.9.13-28. De volledige print wordt donkergroen voorgesteld, het deel in beeld lichtgroen. U kunt met de muis het lichtgroene deel over de totale print verplaatsen.



**Figuur 3/8.9.13-28:** In dit schermpje ziet u de totale print (donkergroen) en het gezoomde deel van de print (lichtgroen).

## Het gereedschap "Measure"

Met dit gereedschap kunt u nauwkeurig afstanden en hoeken op uw printontwerp meten. Met ingedrukte linker muisknop trekt u een rechthoek, de software bepaalt de breedte en de lengte van deze rechthoek, de lengte van de diagonaal en de hoek tussen de diagonaal en de horizon, zie figuur 3/8.9.13-29.




**Figuur 3/8.9.13-29:** Met het gereedschap "Measure" meet u heel nauwkeurig absolute afstanden en hoeken op uw printontwerp.

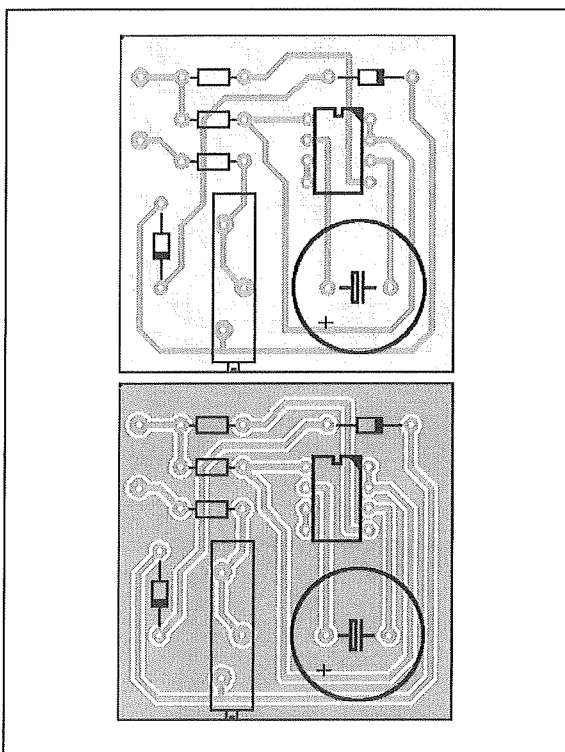
## Het gereedschap "Test"

Met "Test" krijgt u onmiddellijk een overzicht van alle pad's die met elkaar zijn verbonden. Na activeren van dit gereedschap verandert de muiscursor in een "signaal-injector". Zet de punt van deze injector bijvoorbeeld op de massalijn en klik met de linker muisknop. Alle pad's en track's die met de massa zijn verbonden worden nu paars weergegeven. Op deze manier kunt u uw ontwerp nog eens extra controleren op ongewenste verbindingen.

## De functie "Ground-Plane"

Deze functie zit niet in de gereedschapsbalk maar treft u onder in het werkvenster aan. Als u deze functie activeert zal Sprint Layout de koperzijde van uw print volledig "verkoperen", met een instelbare ruimte tussen dit kopervlak en de aanwezige pad's en track's. In figuur 3/8.9.13-30 is een heel eenvoudig voorbeeldje gegeven. In de bovenste figuur is een kleine print normaal ontworpen. In de onderste figuur werd de functie "Ground-Plane" ingeschakeld. Commentaar overbodig! Let u er wél op dat Sprint Layout de "Ground-Plane" niet automatisch met de massa verbindt. Dat

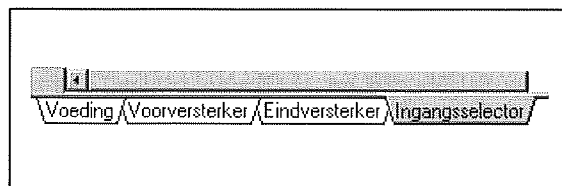
moet u zélf doen. Naast het pictogram van deze functie ziet u een grijs gearceerd rechthoekje staan. Hiermee kunt u de functie "Restricted Areas" activeren. U creëert hiermee veelhoeken die u uitsluit van het ground-plane. Oftewel, de veelhoeken die u met deze functie tekent worden niet met koper gevuld.



**Figuur 3/8.9.13-30:** Een mooie illustratie van de functie "Ground-Plane".

## Meer dan één print in uw project

We hebben het al terloops aangehaald, maar Sprint Layout versie 4.0 bewaart geen printen, maar projecten. Ieder project kan uit meerdere printen bestaan. Ga naar het menu "Board" en klik op "Add new board". U krijgt nu weer het venster van figuur 3/8.9.13-14 in beeld en u kunt de afmetingen en de naam van de nieuwe printplaat invoeren. De diverse printen uit één project krijgen allemaal een eigen tabblad, zie figuur 3/8.9.13-31.




**Figuur 3/8.9.13-31:** Een versterker project zou bijvoorbeeld uit vier printen kunnen bestaan.

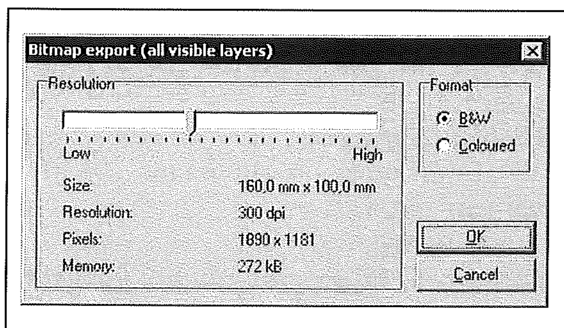
Via het menu "Board" kunt u:
- Add new board:
  Een nieuwe print aan het project toevoegen.
- Board properties:
  De afmetingen en de naam van de print wijzigen.
- Delete board:
  De betreffende print uit het project verwijderen.
- Set board to left or to right:
  De volgorde van de printplaten in het project veranderen.
- Import board from file:
  Een op uw harde schijf aanwezig project (.LAY-bestand) in uw actueel project integreren. Met deze functie kunt u bijvoorbeeld een standaard ontwerp van een voedingsprint in een nieuw project opnemen.

## De functie "AutoSave"

Met deze functie, te vinden in het menu "File", zorg u ervoor dat Sprint Layout om de zoveel minuten uw project automatisch opslaat op uw harde schijf. De back-up wordt bewaard met de extensie .BAK en dat betekent dat uw ontwerp, bewaard als .LAY, niet wordt aangetast. Vergeet dus toch niet regelmatig uw project te saven.

## Uw printontwerp exporteren

In het “File”-menu treft u de optie “Export” aan. Hiermee kunt u uw printontwerp exporteren als GIF-, BMP- of EMF-bestand. Op deze manier kunt u het ontwerp als grafisch bestand invoegen in bijvoorbeeld een tekst in Word. Bij de export naar GIF en BMP kunt u de resolutie instellen, zie figuur 3/8.9.13-32. Hoe hoger de resolutie, hoe mooier het resultaat, maar hoe groter het bestand. EMF is een zogenaamd vectorformaat. Dit geeft de beste resultaten.




**Figuur 3/8.9.13-32:** In dit venster stelt u de resolutie van het grafisch export-bestand in.

## Project info

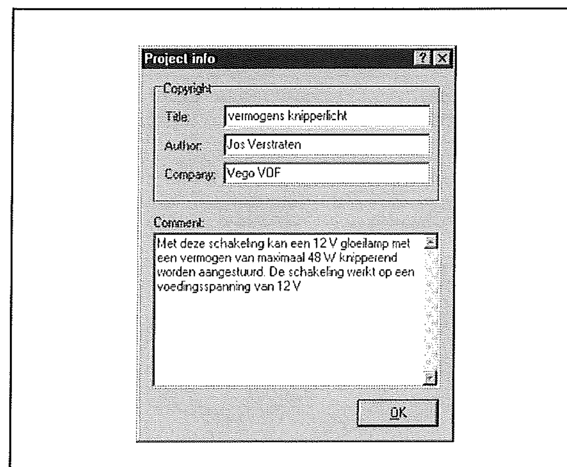
In de toolbar ziet u, helemaal rechts, een informatie-pictogram. Klikt u hierop, dan verschijnt het venster van figuur 3/8.9.13-33 in beeld, waarin u uw project kunt documenteren. Deze gegevens worden uiteraard samen met het project opgeslagen in het .LAY-bestand.

## Define colors

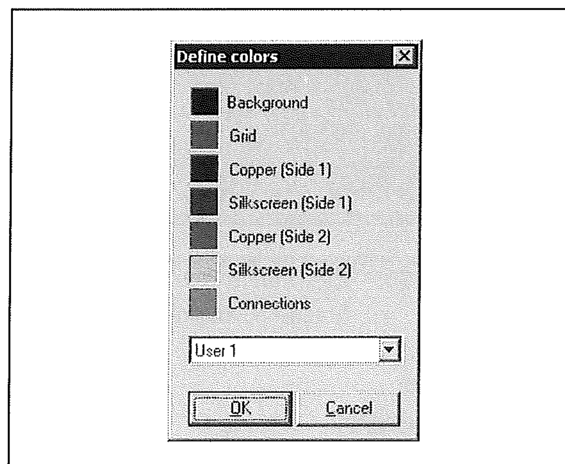
Deze functie treft u aan in het “Options”-menu. In het venster van figuur 3/8.9.13-34 kunt u de kleuren van:

- achtergrond;
- raster;
- koperzijde 1;
- componenten zijde 1;
- koperzijde 2;
- componentenzijde 2;
- verbindingen;

aan uw eigen wensen aanpassen. U kunt uw aangepast kleurenschema opslagen als User 1, User 2 of User 3.




**Figuur 3/8.9.13-33:** In dit venster kunt u uw project documenteren.



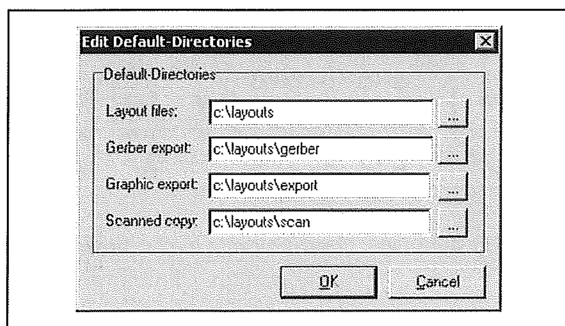

**Figuur 3/8.9.13-34:** In dit venster past u het kleurenschema aan uw eigen wensen aan.

## Directories

Deze optie staat in het “File”-menu en geeft de mogelijkheid specifieke directories in te stellen, waarin Sprint Layout:

- ontwerpen;
- Gerber export bestanden;
- bimap export bestanden;
- gescande kopieën;

bewaart, zie figuur 3/8.9.13-35.




**Figuur 3/8.9.13-35:** Het venster van de optie "Directories".

# Scanning layouts

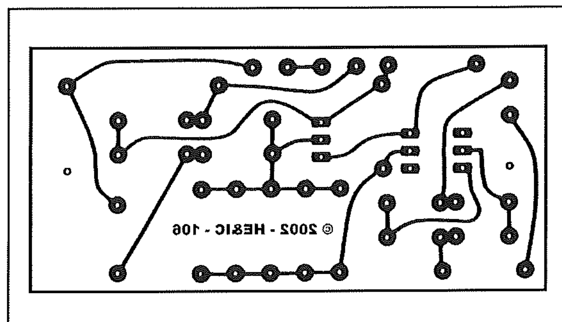
**Inleiding**

Dit is een heel handige en vrij unieke optie van Sprint Layout. Misschien heeft u een heel archief vol zitten met nog met de hand geplakte printontwerpen of printontwerpen die in elektronica tijdschriften zijn afgedrukt. Met deze optie kunt u deze oude en/of papieren ontwerpen snel omzetten in een Sprint Layout ontwerp.

**Stap 1:**
**scannen van de oude print**

U scant de oude print en zet deze om in een BMP-bestand, zie figuur 3/8.9.13-36. Als resolutie kiest u 300 tot 600 dpi, de scan moet absoluut monochroom zijn.

Zorgt u er wél voor dat de scan absoluut recht is, anders in het project hopeloos. Gebruik eventueel een grafisch programma om de scan te roteren tot alle rechte lijnen echt horizontaal en verticaal lopen.



**Figuur 3/8.9.13-36:** Aan de hand van deze print, gescand uit een tijdschrift, gaan we de functie "scanning layouts" uitwerken.

**Stap 2:**
**de scan in een nieuw ontwerp van Sprint Layout inlezen**

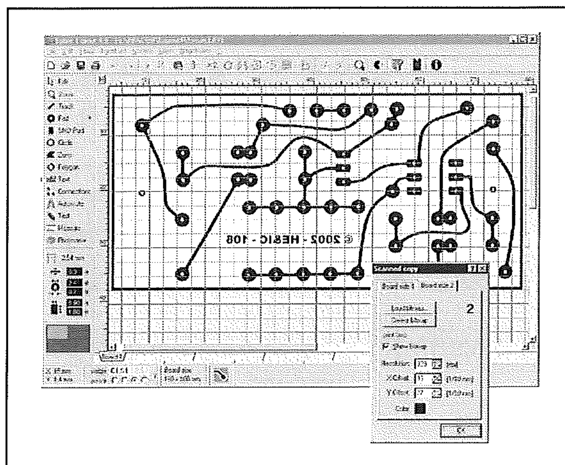
Open een nieuw project en zorg er voor dat het raster, ingesteld op 2,54 mm, zichtbaar is. Open nu in het "Options"-menu de functie "Scanned copy". In het venster dat nu verschijnt, zie figuur 3/8.9.13-37, opent u het tabblad "Board side 2" en klikt u op de knop "Load bitmap". Laadt vervolgens het BMP-bestand van uw gescande print. U ziet nu de print in het werkvenster van Sprint Layout verschijnen, zie figuur 3/8.9.13-37. In het venster ziet u drie schalen:

- Resolution;
- X-offset;
- Y-offset.

U moet nu deze drie schalen zo instellen dat het gescande ontwerp zoveel als mogelijk is samenvalt met het raster op uw print en bovendien op ware grootte wordt weergegeven.

U kunt het best inzoomen op een DIL-IC en de schalen aanpassen tot de pad's van dit IC precies samenvallen met de rasterpunten op het scherm. Een hele klus, maar na enig experimenteren krijgt u er vanzelf handigheid in.

**8.9 Software voor de ontwerper**



**Figuur 3/8.9.13-37:** De gescande print is ingelezen in Sprint Layout, de drie schalen zijn zo ingesteld dat het DIL-IC, rechts in beeld, samenvalt met het printraster.

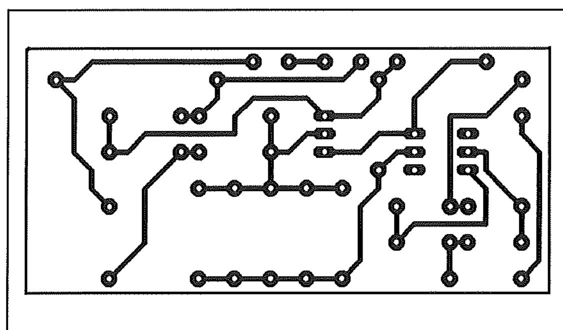
### Stap 3:
### de print ontwerpen

Met de scan als basis zal het u niet veel moeite kosten om de print opnieuw te ontwerpen. U brengt eerst de pad's aan, waarbij de reeds besproken <Ctrl>-functie om het magnetisch raster te verlaten goed van pas komt. Door het ingedrukt houden van deze toets kunt u immers de pad's precies over de pad's van de scan plaatsen. Nadien legt u de track's. Uw vernieuwd printontwerp is binnen vijf minuten klaar, zie figuur 3/8.9.13-38.

## Zélf macro's maken

### Tekenen en saven

Hoewel de onderdelenbibliotheken zeer uitgebreid zijn, zijn er tóch onderdelen die ontbreken. Geen paniek, met Sprint Layout ontwerp u net zo snel een nieuw onderdeel als een print. Als voorbeeld gaan we een macro maken voor de bekende printuitvoering van de draaischakelaars van Lorlin en wel het model 3 x 4 standen.



**Figuur 3/8.9.13-38:** Met Sprint Layout hertekent u de print in vijf minuten.

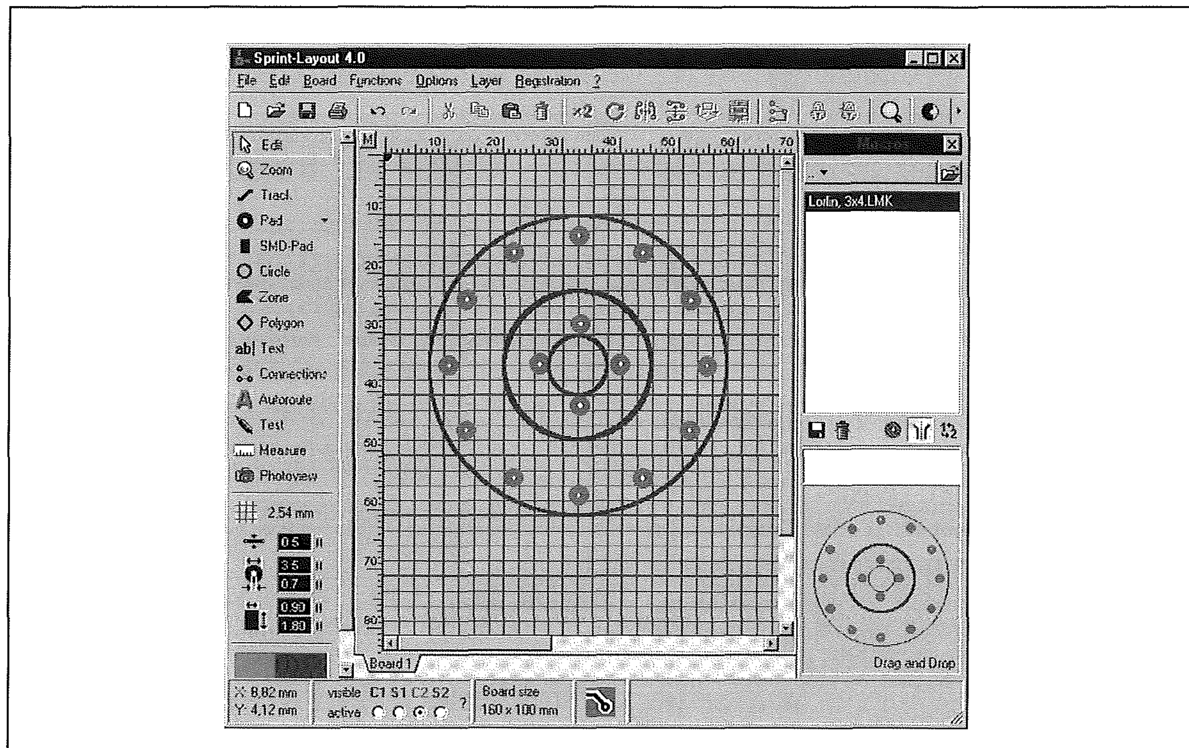
### Stap 1:
### nieuwe directory maken

Maak in de directory LAYOUT40/ MAKROS een nieuwe directory aan voor de schakelaars, bijvoorbeeld SWITCH. Dit doet u buiten het programma met de Explorer van Windows.

### Stap 2:
### de schakelaar tekenen

U start met een leeg vel en zet eerst de pad's van het nieuw onderdeel op laag C2. Nadien tekent u de contouren (de outline) van het onderdeel op laag S1. In het geval van een draaischakelaar tekent u eerst met het gereedschap "Polygon" een twaalfhoek met een straal 22 mm. Zet twaalf pad's op de twaalf hoeken van deze veelhoek. Teken een tweede gecentreerde veelhoek, nu met vier hoeken en met een diameter van 8 mm. Zet op de vier hoeken pad's. Verwijder de twee veelhoeken, die heeft u immers niet meer nodig. Maak de laag S1 actief en teken drie cirkels, waarmee u de vorm van de schakelaar symboliseert. Trek nu met de muis een kader rond alle elementen, zodat deze allemaal geselecteerd worden (de kleur wordt paars).

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.13-39:** Op deze manier maakt u een macro voor een 3 x 4 standen draaischakelaar van Lorlin, printuitvoering.

Klik met de rechter muisknop op een element en klik de optie "Build group" aan. Alle elementen van de schakelaar worden nu tot één groep verenigd.

**Stap 3:**
**uw macro saven**

Maak de macro's actief door in het menu "Options" "Show macro library" aan te klikken. Selecteer in het macro-venster uw bibliotheek "Switches". Maak de net ontworpen schakelaar actief door er met de linker muisknop op te klikken en klik vervolgens op het floppy pictogram in het macro-venster. Bewaar de macro van de schakelaar onder een duidelijke naam, bijvoorbeeld "Lorlin, 3x4", in de bibliotheek "Switches". U ziet nu de naam van uw macro in het lijstje verschijnen, zie figuur 3/8.9.13-39. U kunt nu de schakelaar naar uw printontwerp slepen, net zoals ieder ander onderdeel.

# Naar de fabriek

**Inleiding**

Als u voor eigen gebruik een printje ontwerpt zult u de print layout waarschijnlijk met uw inkjetprinter op transparante folie afdrukken en daarmee een stuk fotogevoelige printplaat belichten. Anders wordt het als u een printontwerp op grote schaal moet maken. Dan schakelt u een printfabrikant in. Deze moet natuurlijk de gegevens van uw print ontvangen. Hiervoor bestaan twee universele formaten:

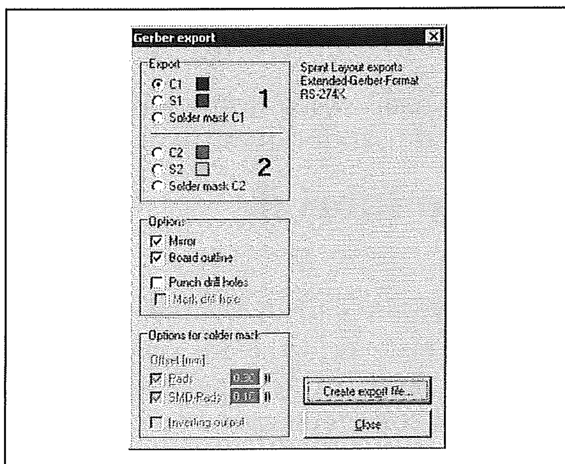
- Gerber:
  Dit formaat beschrijft alle gegevens van één laag van uw print.

- Excellon:
  In een Excellon-bestand worden alle gegevens van de gaatjes die in uw print moeten worden geboord op een internationaal gestandaardiseerde manier opgeslagen.

Sprint Layout versie 4.0 is in staat uw print om te zetten naar deze twee bestanden.

**Export naar Gerber**

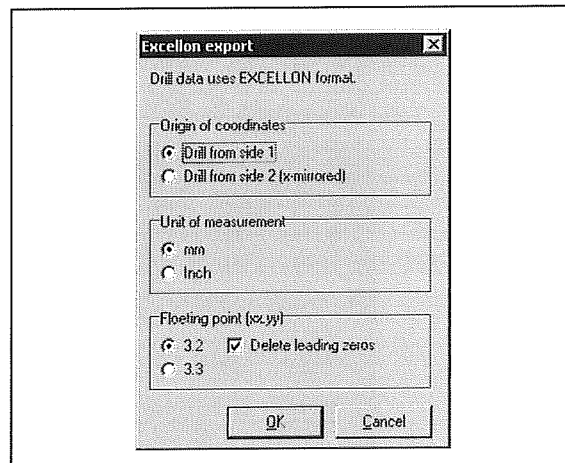
Ga naar het "File"-menu en klik de optie "Export" aan. Klik vervolgens op "Gerber export". In het venster van figuur 3/8.9.13-40 selecteert u de laag die u naar Gerber wilt omzetten. Opgelet! U kunt maar één laag selecteren. Klik op "Create export file". Even later staat de laag op uw harde schijf. Herhaal de procedure met alle lagen die u naar uw printfabrikant moet sturen.




**Figuur 3/8.9.13-40:** Het export-venster naar Gerber.

**Export naar Excellon**

Op dezelfde manier exporteert u uw print naar een Excellon-bestand, zie figuur 3/8.9.13-41. De opties die u in dit venster invult, moet u eerst even kortsluiten met uw fabrikant. Met name de vraag of de "unit of measurement" mm of inch moet zijn is hierbij van belang.




**Figuur 3/8.9.13-41:** Het export-venster naar Excellon.

# Nadere informatie

De software van Abacom wordt in Nederland en België uit voorraad geleverd door:

Vego VOF
Postbus 320124, 6370 JA Landgraaf
Telefoon: 045-533.22.00
Fax: 045-533.22.02
E-mail: vego_vof@compuserve.com
Internet: www.vego.nl/abacom

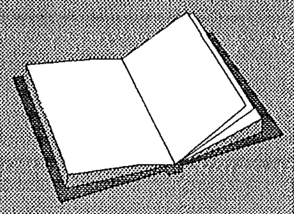
# 3/8.9.14

# Fourier Synthese versie 1.0, experimenteren met harmonischen

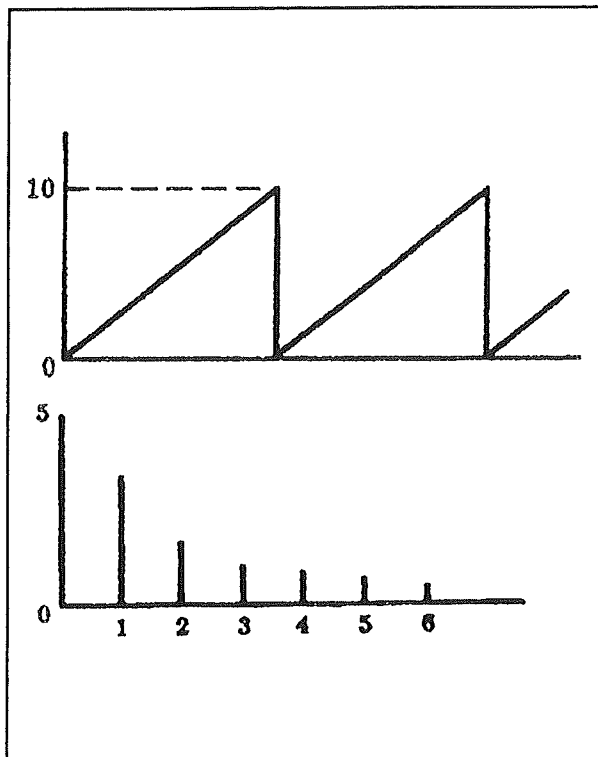
**Wat zijn harmonischen?**
Harmonischen zijn zuiver sinusvormige of cosinusvormige signalen, waarvan de frequentie een geheel veelvoud is van de frequentie van een bepaald periodiek signaal. Is deze gehele factor gelijk aan een, dan noemt men dit signaal de fundamentele harmonische van het periodiek signaal. Is de factor gelijk aan twee, dan spreekt men over de tweede harmonische van het signaal. Harmonischen spelen een zeer belangrijke rol in de elektronica, omdat men dank zij deze signalen ieder periodiek signaal kan ontleden in zuiver sinusvormige of cosinusvormige signalen!

**Fourier analyse**
Fourier analyse is een wiskundige techniek, waarmee men gelijk welke zichzelf herhalende golfvorm (een zogenoemde periodieke trilling) kan ontleden in de som van een aantal sinus en/of cosinus spanningen. Uit de Fourier analyse volgt dat iedere repeterende spanningsvorm, zoals driehoek, rechthoek, vierkant of puls, is samengesteld uit een groot aantal sinus- of cosinusvormige spanningen (harmonischen), ieder met een frequentie gelijk aan een veelvoud van de frequentie van de te ontleden spanning en met een welbepaalde grootte. Door die verschillende spanningen bij elkaar op te tellen krijgt men een vorm, die de vorm van de te ontleden spanning benadert. Op deze manier kan men dus ingewikkelde spanningsvormen heel compact registreren door een aantal getallen, die de frequentie en de amplitude van de samenstellende sinussen of cosinussen vastleggen. In figuur 3/8.9.14-1 is als voorbeeld getekend hoe men een zaagtandvormige spanning (boven) kan voorstellen door een soort van staafdiagram, waarin de amplituden van de harmonischen van het signaal zijn vastgelegd. Men kan hierbij gebruik maken van een procentuele verhouding, waarbij de amplitude van de eerste harmonische op 100 % wordt gesteld en de amplituden van de hogere harmonischen procentueel hieraan worden gerelateerd. In figuur 3/8.9.14-2 zijn de eerste drie harmonischen op de onderling juiste amplitudeverhouding getekend en is, punt na punt, hun som getekend. Hieruit blijkt duidelijk dat zelfs de som van maar drie sinussen een vrij goede benadering geeft van een zaagtandspanning.

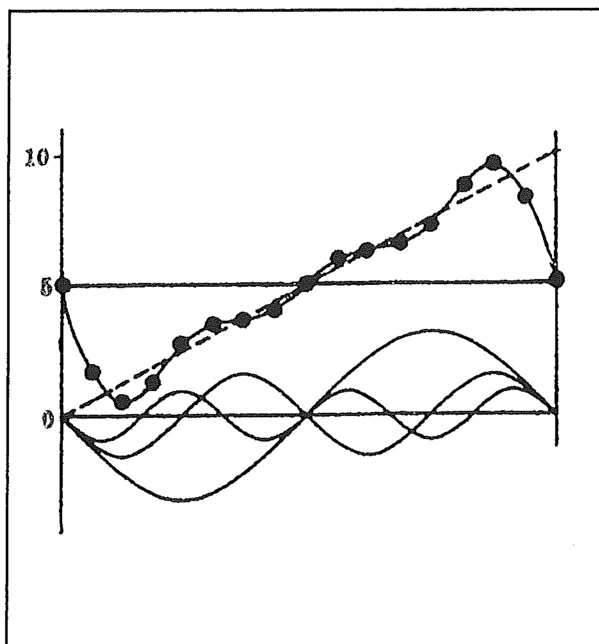
**LEES OOK:**
Geen verwijzingen



**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.14-1:** Fourier analyse van een zaagtandvormige spanning.




**Figuur 3/8.9.14-2:** Punt na punt synthese van een zaagtand uit drie harmonische sinussen.

## Wiskunde

Zuiver wiskundig bekeken kan men de gehele theorie kort en bondig samenvatten in de onderstaande formule:

$f(x) = a_0 + a_1*\cos(x) + a_2*\cos(2*x) + a_3*\cos(3*x) + .... + a_n*\cos(n*x) + b_1*\sin(x) + b_2*(\sin(s*x) + b_3*\sin(3*x) + .... + b_n*\sin(n*x)$

De uiteindelijke vorm van het signaal f(x) wordt dus alleen bepaald door de waarde van de coëfficiënten $a_0$ tot en met $a_n$ van de cosinussen en $b_0$ tot en met $b_n$ van de sinussen. Men kan echter ook werken met alleen sinussen en hun onderlinge faseverschuivingen. De wiskundige uitdrukking wordt dan:

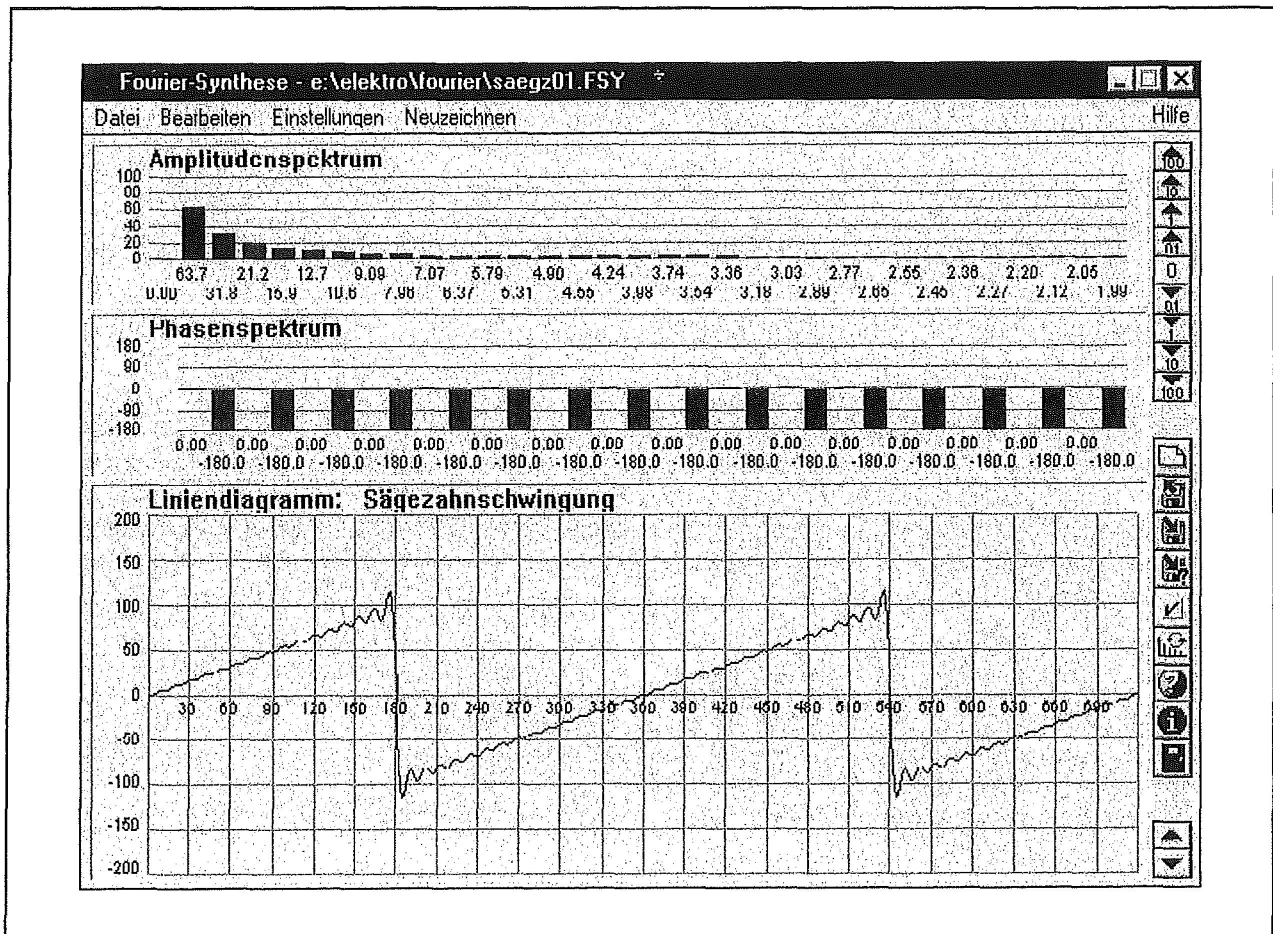
$f(x) = c_0 + c_1*\sin(x+p_1) + c_2*\sin(2*x+p_2) + c_3*\sin(3*x+p_3) + .... + c_n*\sin(n*x+p_n)$

Nu word de uiteindelijke vorm van het signaal f(x) bepaald door de amplitude coëfficiënten $c_0$ tot en met $c_n$ en door de fase coëfficiënten $p_1$ tot en met $p_n$.

## Belang voor de weergavekarakterisiek

Door deze theorie is het verklaarbaar, waarom men de weergavekarakteristiek van een versterker kan beoordelen aan de hand van de manier, waarop hij een vierkantgolf weergeeft. Een vierkantspanning van bijvoorbeeld 1 kHz is opgebouwd uit sinusvormige spanningen met frequenties van 1, 3, 5, 7, 9 en zo verder kHz. Weliswaar neemt de grootte van iedere deelnemende frequentie af bij stijgende frequentie, maar signalen tot en met 21 kHz zijn duidelijk merkbaar aanwezig. Als nu de versterker hoogfrequente signalen minder versterkt dan laagfrequente, dan zullen de harmonischen niet allemaal even veel versterkt worden en zal de blokgolf vervormd aan de uitgang van de versterker verschijnen. Aan de aard van de vervorming kan men erg veel afleiden over de kwaliteit van de versterker.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.14-3:** Het werkvenster van "Fourier Synthese versie 1.0".

## Fourier Synthese versie 1.0

Door de Oostenrijkste auteur J. Stöckl is een klein shareware programmaatje ontworpen, dat met recht en reden in de categorie "educatieve software" kan worden ondergebracht. Met deze "Fourier Synthese versie 1.0" kan men uitgebreid experimenteren met het samenstellen van periodieke signalen uit hun harmonischen. Het programma werkt onder alle versies van Windows en is, als ZIP-file, maar 125 kB groot. Na het ontzippen van deze FOURRSY.ZIP ontstaan er 16 bestanden die samen een omvang van 418 kB hebben.

## Korte beschrijving

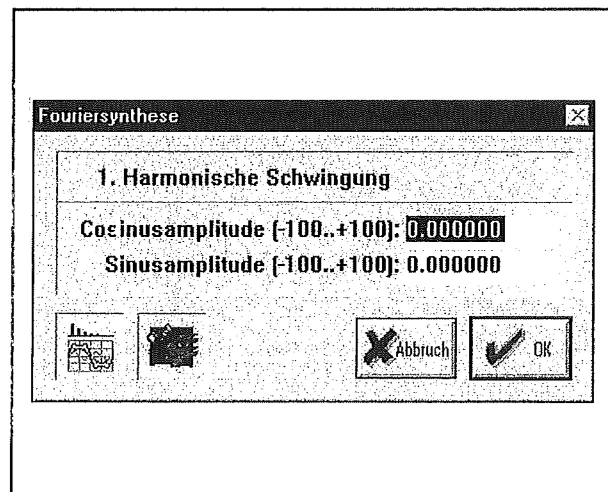
Met het programma kan men de amplituden van de sinus en cosinus harmonischen invoeren tot de 32de orde. Het resultaat van de versterking of verzwakking van een harmonische is onmiddellijk te bewonderen in het venster "Liniendiagramm". Als alternatief kan men de amplitude en de fase van 32 sinusoidale harmonischen bepalen, ook nu verschijnt het resultaat in het onderste venster. Men kan op deze manier dus grafisch zien wat het effect is als een versterker of een filter de harmonischen van een signaal in fase verschuift.

Het programma wordt geleverd net vier voorbeelden, namelijk:
- rechthoek spanning;
- zaagtand spanning;
- driehoek spanning;
- gelijkgerichte spanning.

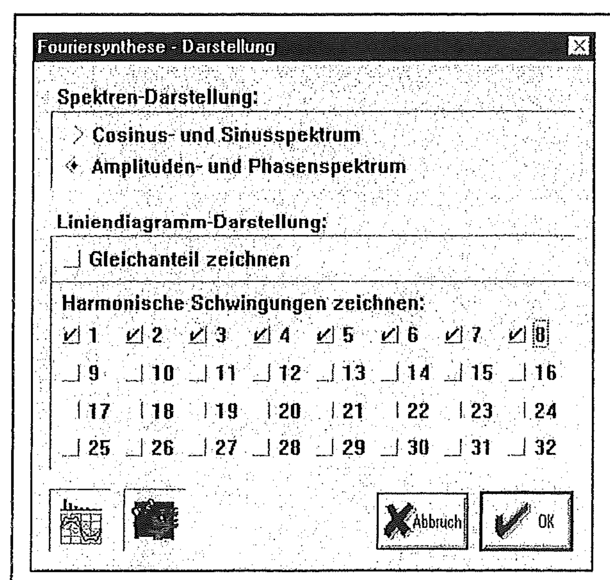
**Het openingsscherm**
Het openingsscherm, met daarin de synthese van een zaagtandspanning, is getekend in figuur 3/8.9.14-3. In het bovenste venstertje "Amplitudenspektrum" worden de relatieve amplituden van alle ingevoerde harmonischen gegeven tot op twee cijfers na de komma. In het tweede venstertje "Phasenspektrum" kan men desgewenst faseverschuivingen tussen de harmonische aanbrengen en kijken wat hiervan het resultaat is op de samenstelling van het signaal. In het onderste grote venster wordt, zoals reeds beschreven, de vorm van het signaal berekend en onmiddellijk weergegeven. Met de knopjes rechts in het venster kan men alle functies van het programma benaderen, zoals saven, laden, hertekenen. etc. Met de knopjes 100, 10, 1, 0,1, 0, -0,1, -1, -10, -100 kan men de amplitude of de fase van een aangeklikte harmonische instellen.

**De bediening**
Het programma kan volledig met de muis bediend worden. Voor heel nauwkeurige berekeningen kan men echter, zie figuur 3/8.9.14-4, de amplitude en de faseverschuiving van alle harmonischen in een afzonderlijk venstertje tot op zes decimalen na de komma via het toetsenbord invoeren.

**Voorstellings opties**
Via het in figuur 3/8.9.14-5 voorgestelde venstertje kan men aangeven wat in het werkscherm moet verschijnen. Men kan kiezen tussen sinus en cosinus functies of tussen amplitude en fase functies. Daarnaast kan men door het aanvinken van knopjes aangegeven welke harmonischen in het onderste venster getekend moeten worden. Alle aangevinkte harmonischen worden in een andere kleur voorgesteld, zie figuur 3/8.9.14-6, hetgeen echter de overzichtelijkheid van de weergave niet bevordert!

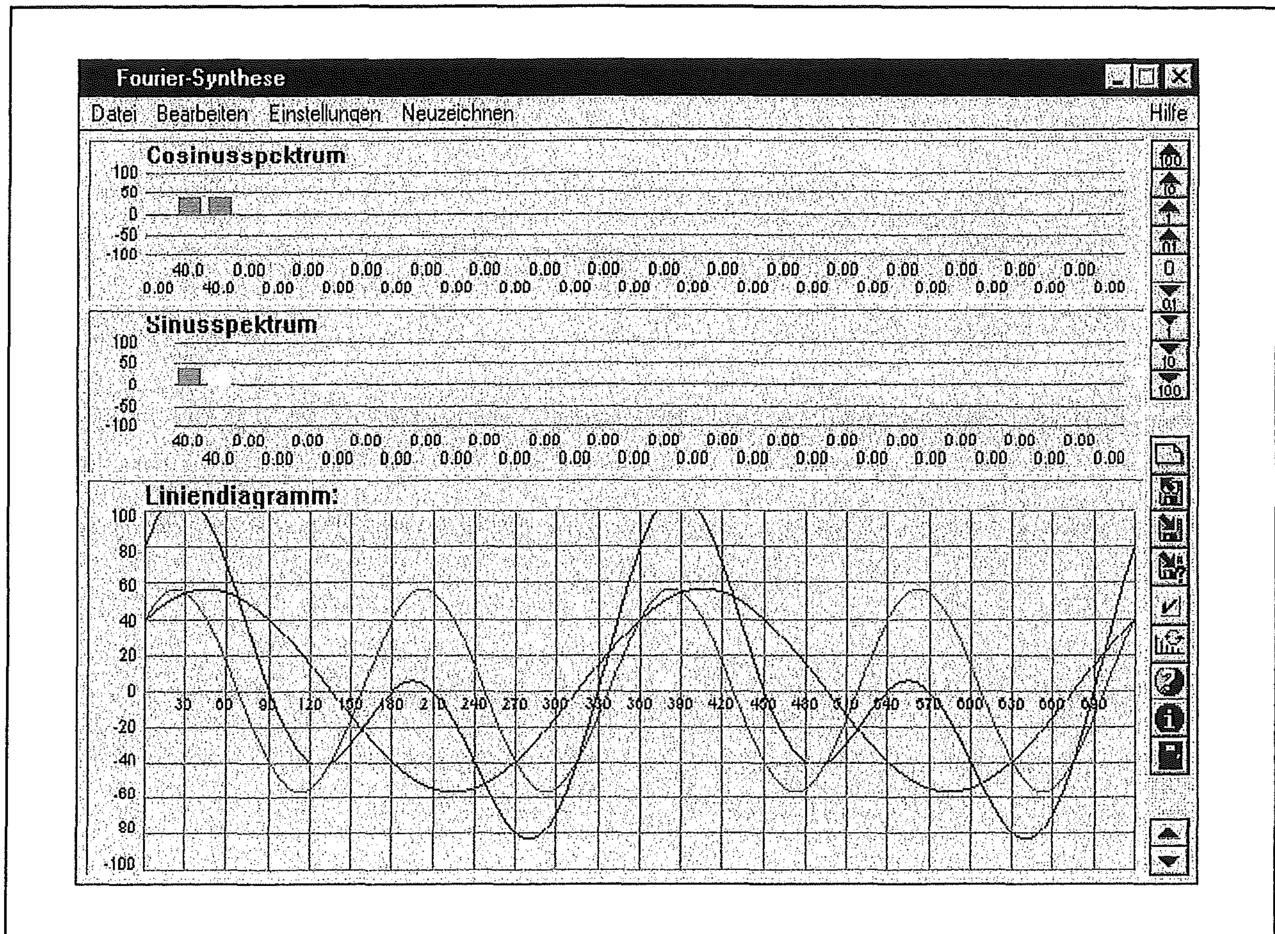



**Figuur 3/8.9.14-4:** Het numeriek invoeren van de ingangsgrootheden.




**Figuur 3/8.9.14-5:** Het voorstellingsvenstertje.

**8.9 Software voor de ontwerper**

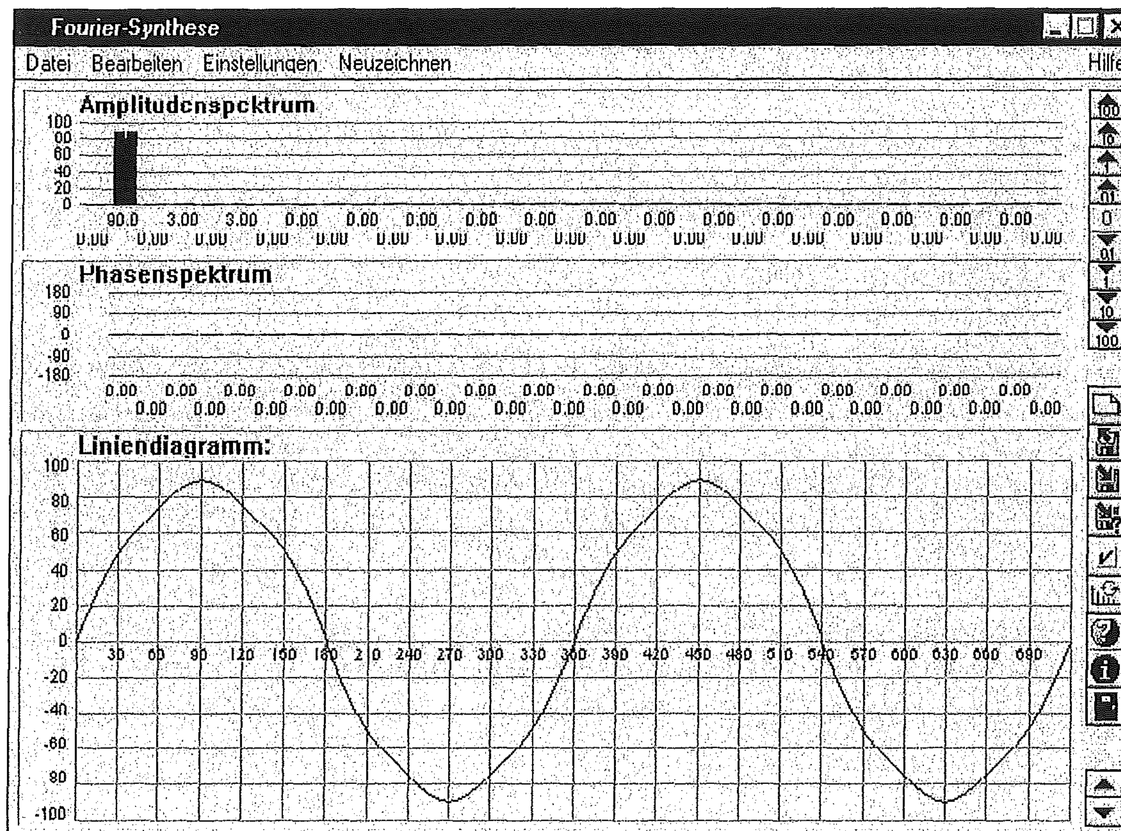



**Figuur 3/8.9.14-6:** Nu verschijnt niet alleen het samengestelde signaal in beeld, maar ook de samenstellende harmonischen.

## De menu-opties

Het programma kent vier menu's met de onderstaande opties.

- **Menu "Datei"**
  - Neu
    Een nieuw project wordt opgestart met een leeg werkvenster.
  - Laden
    Een bewaard project wordt opgestart.
  - Speichern
    Het project wordt opgeslagen onder de bestaande naam. Deze functie is in de shareware versie uitgeschakeld.
  - Speichern als
    Het project kan onder een nieuwe naam worden bewaard. Deze functie is in de shareware versie uitgeschakeld.
  - Beenden
    Het programma wordt beëindigd.
- **Menu "Bearbeiten"**
  - Harmonische
    Ingeven van amplitude en faseverschuiving van een harmonische, met het venstertje van figuur 3/8.9.14-4.
  - Projektinformation
    Aan het project kan een titel en een omschrijving worden gekoppeld.
  - Darstellung




**Figuur 3/8.9.14-7:** Het toepassen van het programma bij een vervormingsanalyse van een eindversterker.

Hiermee verschijnt het venstertje van figuur 3/8.9.14-5 in beeld.

- Zufallsspektrum

  De amplituden en/of faseverschuivingen van alle 32 beschikbare harmonischen worden pseudo-toevallig door het programma gedefinieerd. Een leuke uitdaging om te programmeren, maar met tamelijk weinig nuttige toepassingen!

- **Menu "Einstellungen"**

  In een dialoogvenster kan men de resolutie van de getekende krommen op hoog of laag stellen en selecteren of de krommen na iedere wijziging van de parameters automatisch hertekend moet worden.

**Een toepassingsvoorbeeld**

Wie het programma bekijkt zoals het op het scherm verschijnt zou denken dat het een leuk hebbedingetje is, goed om even mee te spelen en dan te verstoffen in de uithoeken van de harde schijf. Niets is echter minder waar! Als voorbeeld wordt aan de hand van figuur 3/8.9.14-7 een praktische toepassing van "Fourier Synthese versie 1.0" beschreven. Het gaat hierbij om een vervormingsonderzoek aan een eindversterker. Als men deze versterker open stuurt met een mooie sinus van 1 kHz aan de ingang, wordt de uitgang bij een bepaald vermogen vervormd. Er verschijnen "deuken" op de flanken van de sinusvorm, waarvan de oorzaak niet te

achterhalen is. Wie een professioneel lab ter beschikking heeft zou het uitgangssignaal gaan onderzoeken met een vervormingsanalyser. Men kan dan vrij snel vaststellen welke harmonische verantwoordelijk is voor dit soort vervorming.
Met het programma kan men dat ook, zij het met wat geëxperimenteer. Men start met een nieuw project en voert als amplitude van de eerste harmonische 100 in. Er verschijnt nu uiteraard een mooie sinus in het onderste venster. Nu klikt men de tweede harmonische aan en voert de amplitude van dit signaal met de knopjes 0,1 en 1 langzaam op. In het onderste venster ziet men onmiddellijk de invloed van deze "vervorming" op de vorm van het signaal. Nu kan het zijn, dat de vorm niet gaat lijken op dat wat de eindversterker presteert. Men zet dan de tweede harmonische weer op nul en gaat de derde harmonische introduceren. In het voorbeeld van figuur 3/8.9.14-7 ziet men dat reeds na 3 % derde harmonische het samengestelde signaal de "gedeukte" vorm vertoont die ook de eindversterker teistert.
Men weet dus nu dat de eindversterker aan vervorming door oneven harmonischen leidt, hetgeen er op wijst dan de fout ergens in een verkeerde instelling van een transistor gezocht moet worden.

**Nadere informatie**
Het programma "Fourier Synthese versie 3.0" is ontwikkeld door:
J. Stöckl, Kundmanngase 10/9, A-1039 Wien
en kost ÖS 200,00.
De shareware versie FOURRSY.ZIP kan onder andere gedownload worden van de Vego-site en wel van pagina:
www.vego.nl/14/01/01/14_01_01.htm

## 8.9 Software voor de ontwerper

# 3/8.9.15

# Oscilloscope for Windows 95, versie 2.51

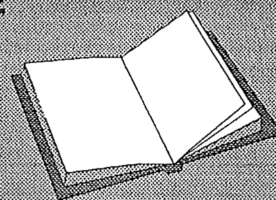
## Inleiding

**Inleiding**
Iedere standaard PC is tegenwoordig uitgerust met een geluidskaart. In die geluidskaart gebeuren zaken, die de elektronicus zeer bekend in de oren klinken. Immers, de geluidskaart heeft twee analoge ingangen (LINE), waarop analoge spanningen worden aangesloten. De spanningen op deze ingangen worden eerst door een anti-aliasing filter gevoerd om de bandbreedte te beperken. Nadien worden deze gesampled met meestal een maximale sample-rate van 44.100 samples per seconde. Hiervoor worden twee 8 of 16 bit brede ADC's ingezet. De digitale samples worden opgeslagen in het geheugen van de PC en nadien op de een of andere manier verder bewerkt, bijvoorbeeld door er een WAV-bestand van de maken.
Die hele procedure is identiek aan deze die wordt toegepast in digitale oscilloscopen. Het enige verschil is dat de in een geheugen opgeslagen digitale samples bij een scoop worden omgezet in besturingssignalen voor de afbuiging van de beeldbuis.

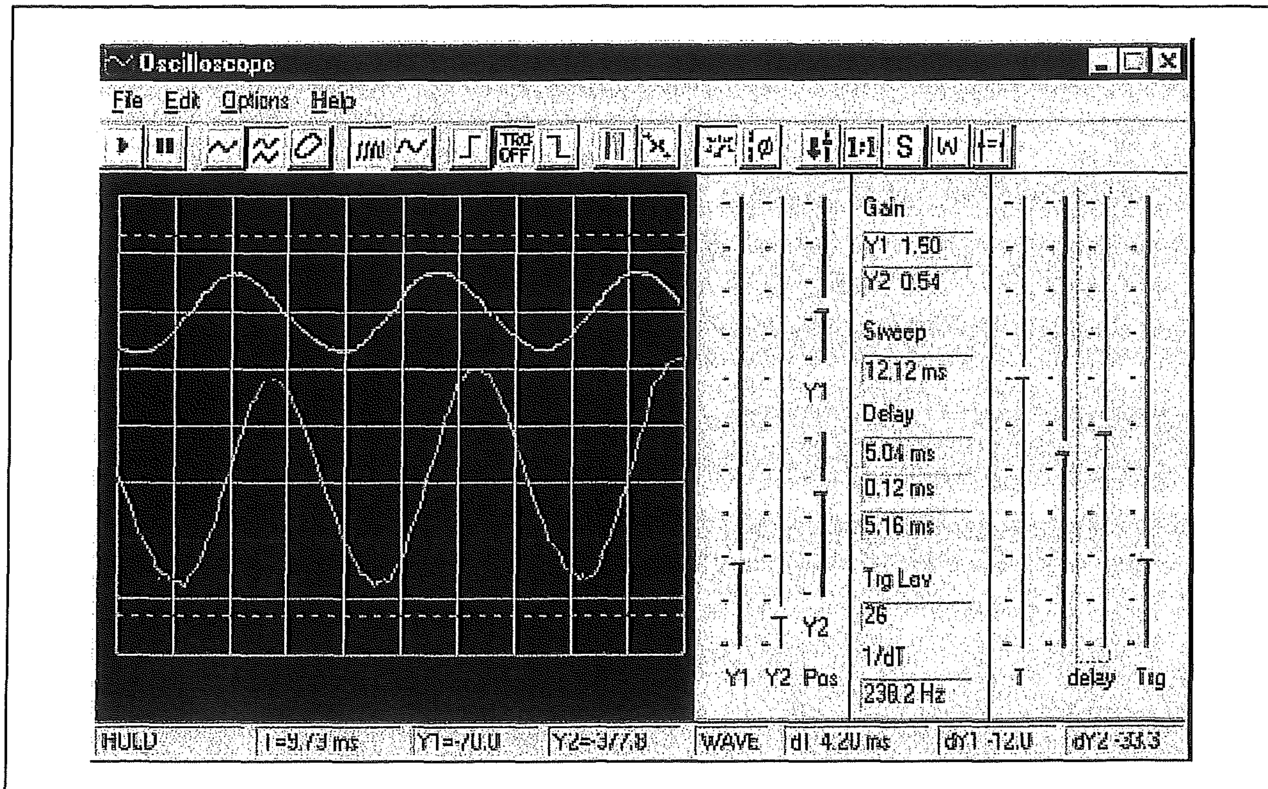
**De geluidskaart als scoop!**
Wie even doordenkt, komt dus tot de conclusie dat de geluidskaart in de PC bruikbaar *moet* zijn als digitale geheugen oscilloscoop. Dat dacht ook de Russische ingenieur Konstantin Zeldovich met als resultaat het programma "Oscilloscope for Windows 95". Een zeer klein programma, immers maar 94,2 kB (!) groot, dat de door de geluidskaart ingelezen gegevens presenteert in een venstertje, dat grote gelijkenis vertoont met het overbekende uiterlijk van een oscilloscoop, zie figuur 3/8.9.15-1.

**Veel functies in een klein programma**
Tegenwoordig schijnen Windows 95-programma's minstens een paar MB groot te moeten zijn. Het is dan ook een verademing een programmaatje van nog geen 100 kB te installeren, een programma dat bovendien het systeem volledig met rust laat. Een programma, bovendien, dat in die 100 kB een heleboel functies stopt. De ingelezen gegevens kunnen op diverse manieren bewerkt worden:

**LEES OOK:**
Hoofdstuk 3/8.2.4
Hoofdstuk 3/8.2.5
Hoofdstuk 3/8.2.12



**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.15-1:** "Oscilloscope for Windows 95" zet een mooie oscilloscoop op het scherm.

- een- of twee-kanaals weergave in real time;
- X/Y-mode met Lissajous weergave;
- spectrumanalyse via een FFT-algoritme;
- berekenen van de cross-correlatie coëfficiënt van de twee ingangssignalen;
- storage-mode, waarbij het "apparaatje" een X/t-recorder wordt;
- gegevens kunnen geëxporteerd worden naar een tekst-file;
- de horizontale en vertikale waarden tussen twee cursorpunten kunnen berekend worden.

## Beperkingen

Uiteraard heeft "Oscilloscope for Windows 95" ook beperkingen. De voornaamste beperking is de geringe bandbreedte van 20 kHz, waardoor echt serieuze metingen onmogelijk zijn. Daar is weinig aan te doen, want de software maakt gebruik van de beperkte specificaties van de geluidskaart. Een tweede bezwaar is dat de software de gegevens uit de ADC's van de audio-kaart maar ten dele gebruikt. Iedere moderne audio-kaart werkt met twee 16 bit omzetters. Daarvan verwerkt de software van dit programma maar de acht meest belangrijke bits en laat de acht overigen vallen. Dat betekent dat de spanningsvormem die op het scoop-scherm verschijnen maar 256 waarden kunnen hebben. Ook dit is een zeer beperkende factor om de software serieus in te zetten. Tot slot hebben de horizontale versterkers en de tijdbasis geen geijkte schalen. Bovendien mag men niet uit het oog verliezen dat de LINE-ingang van een geluidskaart ontworpen is voor het verwer-

ken van normale audio-signalen van maximaal 0,775 V en dus niet de uitgebreide beveiliging heeft die de ingang van een oscilloscoop wél heeft. Wie te grote signalen aan de ingang aanlegt, loopt de kans met een defecte geluidskaart door het leven te gaan.
Ondanks deze beperkingen biedt deze free-ware, die binnen een paar minuutjes van het Internet te downloaden is, voldoende functionaliteit voor een lekker ontspannen avondje experimenteren.

# Algemene gegevens

**De ZIP-file**
De op het Internet aanwezige ZIP-file heet OSC251.ZIP en is 90,5 kB groot. Na het ontzippen naar een eigen directory ontstaan drie files:
- WINSCOPE.EXE met een grootte van 94,2 kB;
- WINSCOPE.HLP met een omvang van 56,2 kB;
- README.TXT met een omvang van 2,3 kB.

Als men bepaalde instellingen bewaart wordt in de Windows 95-directory nog een kleine file WINSCOPE.INI aangemaakt.

**De systeemeisen**
De software stelt werkelijk minimale eisen aan de hardware.
Een oeroude 80486-processor is goed genoeg, er worden geen bijzondere geheugeneisen gesteld. Natuurlijk moet er een volledig onder Windows 95 geconfigureerde geluidskaart aanwezig zijn. De moderne 16 bit kaarten worden ook ondersteunt, zij het dat van de gegevens die deze kaarten leveren alleen de acht meest belangrijke bits worden gebruikt.

**Signalen aanvoeren**
Voor het aanvoeren van de te meten signalen moet men gebruik maken van de LINE-ingang van de geluidskaart.
Bovendien mag men niet vergeten in de "Volumeregeling" van Windows 95 de LINE-ingang open te zetten, zie figuur 3/8.9.15-2.

# De menu's

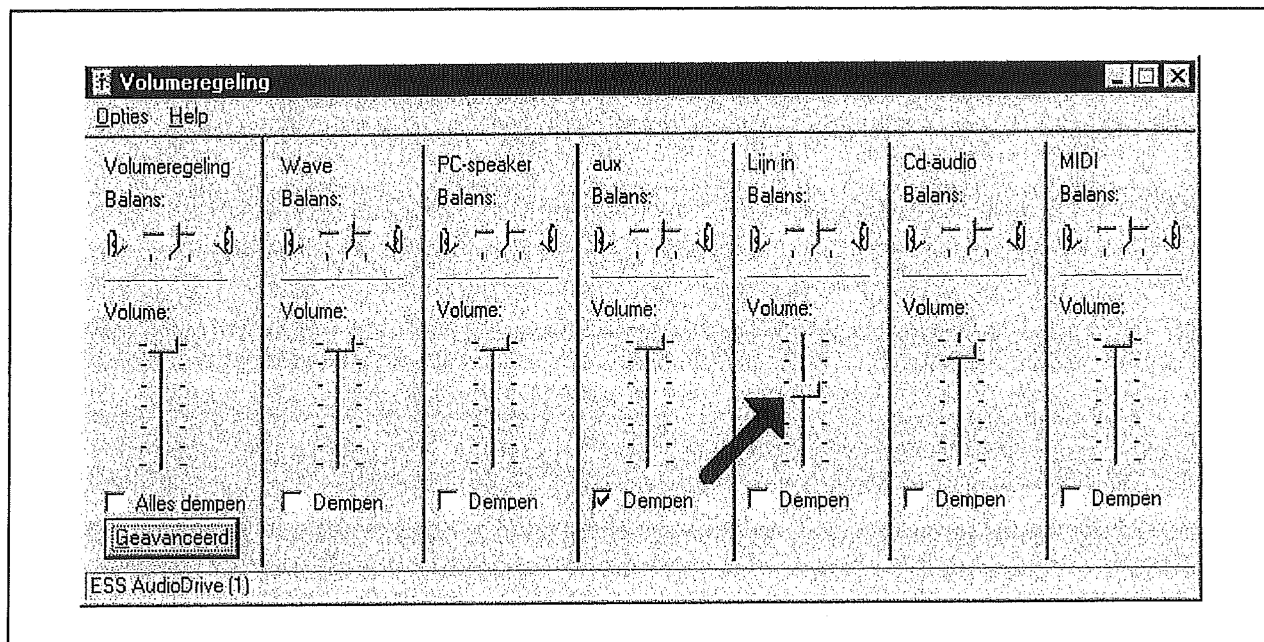
**Inleiding**
"Oscilloscope for Windows 95" heeft, naast het obligate "Help", slechts drie menu's:
- File;
- Edit;
- Options.

**Het "File"-menu**
Via de enige optie "Save data" kan men de gegevens die op het scherm van de oscilloscoop staan wegschrijven naar een tekstbestand. Het formaat waarin dat gebeurt kan men via het menu "Options" instellen (zie later). Deze optie is overigens alleen toegankelijk als men de scoop in de HOLD-modus heeft gezet.

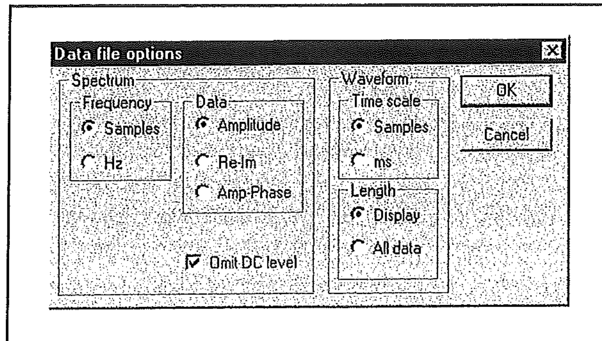
**Het "Edit"-menu**
Ook hier maar één optie, namelijk "Copy data". Hiermee kan men de gegevens als tekstbestand kopiëren naar het "Klembord" van Windows 95 en nadien inlezen in een tekstverwerker of spreadsheetprogramma. Deze optie is ook beschikbaar als de scoop bezig is met te meten.

**Het "Options"-menu**
Dit menu kent diverse opties, namelijk:
- Line plot;
- Scatter plot;

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.15-2:** Men moet de "Lijn in" in de "Volumeregeling" van Windows 95 open zetten en de schuifpotentiometer ongeveer in de middenstand plaatsen.




**Figuur 3/8.9.15-3:** Het venstertje van de optie "Data file".

- Data file;
- Timing;
- Colors;
- Save setup.

### Line/Scatter plot

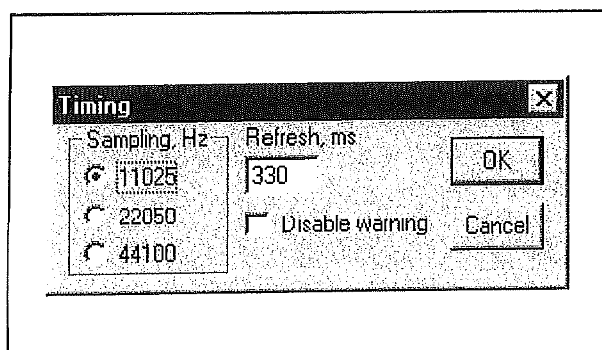
Een optie die ook van "normale" geheugen oscilloscopen bekend is. In de modus "Scatter" worden alleen de gesampelde waarden als puntjes op het scherm van de scoop getoond. In de modus "Line" worden deze puntjes op een intelligente manier met lijntjes verbonden, zodat een mooie trace van het signaal ontstaat.

### Data file

In het menuutje dat na het aanklikken van deze optie in beeld verschijnt, zie figuur 3/8.9.15-3, kan men de manier instellen waarop de gegevens worden weggeschreven naar een file of naar het "Klembord". De gegevens worden in twee of drie kolommen in de tekstfile opgenomen en de betekenis van deze kolommen is afhankelijk van de functie waarin men de scoop heeft gezet. Bij het normaal meten van signaalvormen in single of dual trace worden de tweede en/of derde kolom gebruikt voor het weergeven van de gemeten waarden per sample. Deze gegevens bestaan uit gehele getallen tussen -128 en 127. Deze waarden worden rechtstreeks uit de acht hoogste bits van de ADC's van de geluidskaart gehaald. De eerste kolom bevat de tijdgegevens en wel onder twee mogelijke vormen, in te stellen met de

knoppen "Time scale" in het venstertje van figuur 3/8.9.15-3. Men kan de tijdwaarden weergeven als "het zoveelste sample" of numeriek als "zoveel ms na de start van de meting". Werkt men in X/Y-mode, dan geven de eerste en de tweede kolom de meetwaarden van Y2 respectievelijk Y1 weer. Staat de oscilloscoop ingesteld als FFT-analyser, dan geeft de eerste kolom steeds de waarde van de frequentie weer. Ook nu weer kan men via de knoppen "Frequency" kiezen tussen "het zoveelste sample" of numeriek als "zoveel kHz na de start van de meting". De tweede en derde kolom even informatie over de amplitude en de fase van het signaal bij de frequentie die in de eerste kolom vermeld staat.

### Timing
Via deze optie kan men met het schermpje van figuur 3/8.9.15-4 de samplingsnelheid van de scoop instellen. Men kan kiezen uit 11.025 Hz, 22.050 Hz of 44.100 Hz. Hoe hoger de samplingfrequentie, hoe nauwkeuriger de signaalvorm op het scherm de vorm van het originele analoge signaal zal benaderen.




**Figuur 3/8.9.15-4:** Via dit venstertje kan men de samplingsnelheid van de oscilloscoop instellen.

Via de optie "Refresh" kan men de interne timing van de oscilloscoop bepalen. Deze waarde geeft aan na hoeveel ms het beeld op het scherm herschreven wordt. Te korte tijden blijken in de praktijk niet erg bruikbaar, zodat de standaard waarde van 330 ms een goed compromis is.

### Colors
Met deze optie kan men de kleuren van de twee traces, het raster en nog wat van die dingen aanpassen aan de persoonlijke smaak.

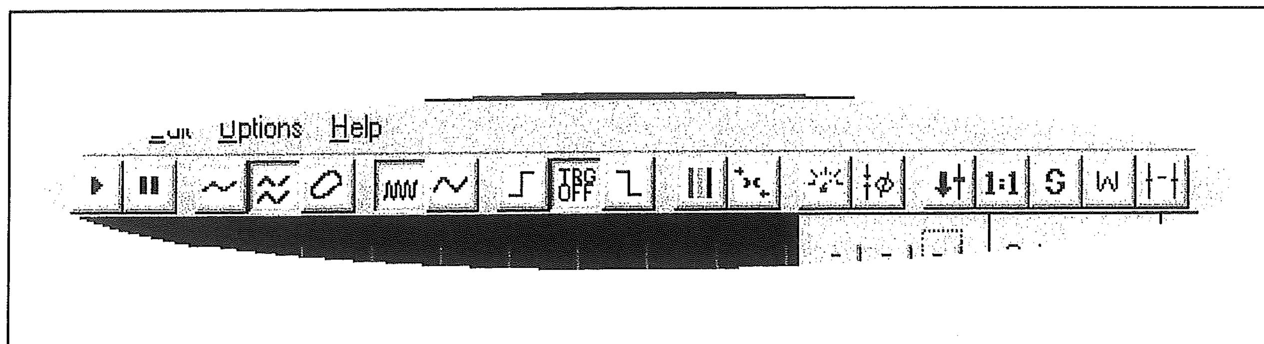
## De knoppenbalk

### Inleiding
Onder de menubalk staat de knoppenbalk, die niet minder dan 19 knoppen rijk is, zie figuur 3/8.9.15-5. Met deze knoppen kan men de meetfunctie van de oscilloscoop instellen. Sommige knoppen werken samen als één stel, anderen hebben een individueel in te stellen werking.

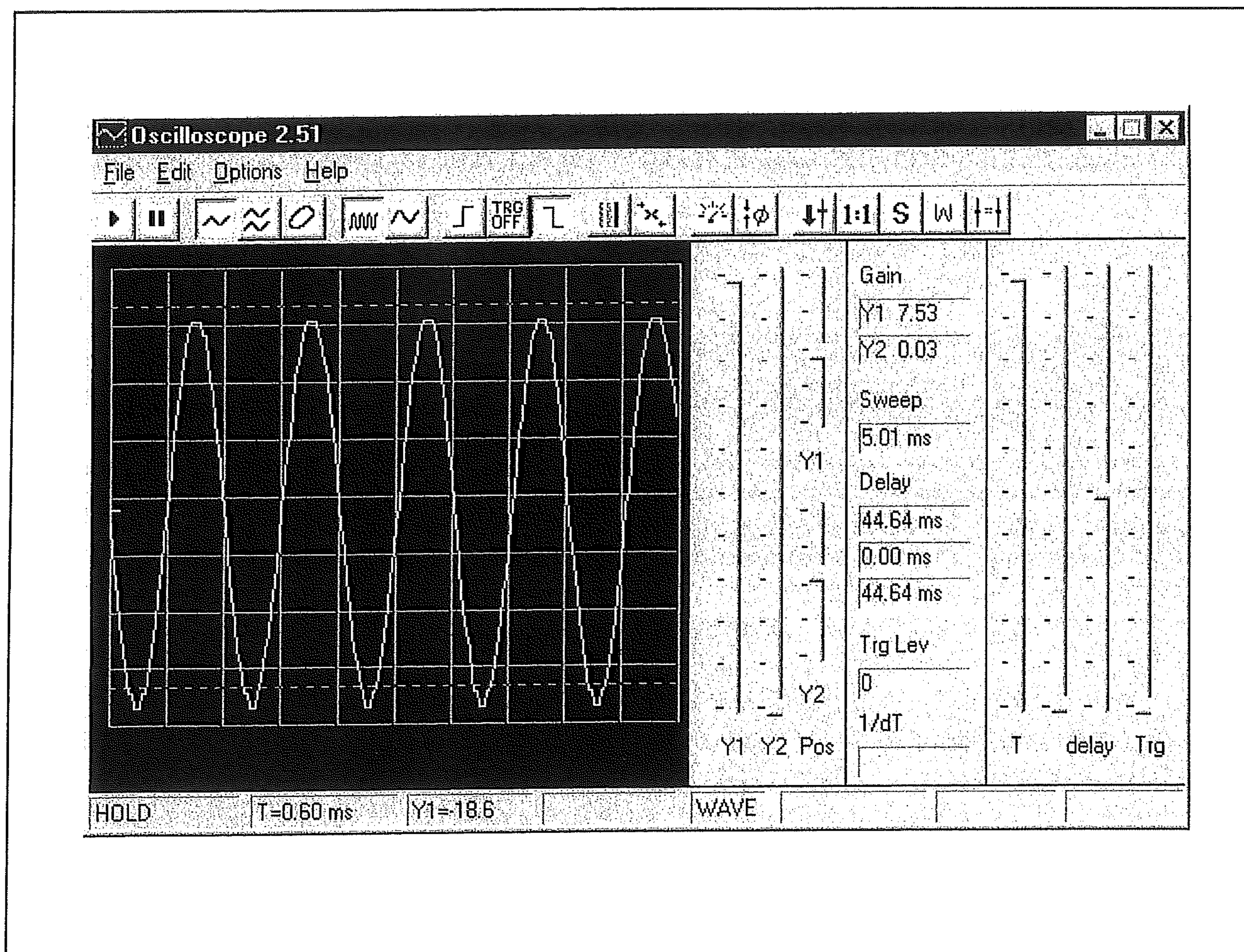
### "On Line" en "Hold"
De functie van de twee linker knoppen is duidelijk door de van ieder audioapparaat bekende soortgelijke knoppen. Met de knop met het driehoekje (On Line) wordt een meting gestart, oftewel de gegevens van de ADC's van de geluidskaart worden ingelezen.
Met de tweede knop (Hold) onderbreekt men de meting, de ingelezen gegevens blijven op het scherm staan. In die modus blijven alle overige knoppen echter wel toegankelijk, zodat men met een stilstaand beeld kan experimenteren met alle functies.

### Display Mode switches
De drie volgende knoppen selecteren de vertikale modus van de scoop: single trace, dual trace of X/Y-modus.

8.9 Software voor de ontwerper




**Figuur 3/8.9.15-5:** De uitgebreide knoppenbalk van "Oscilloscope for Windows 95".

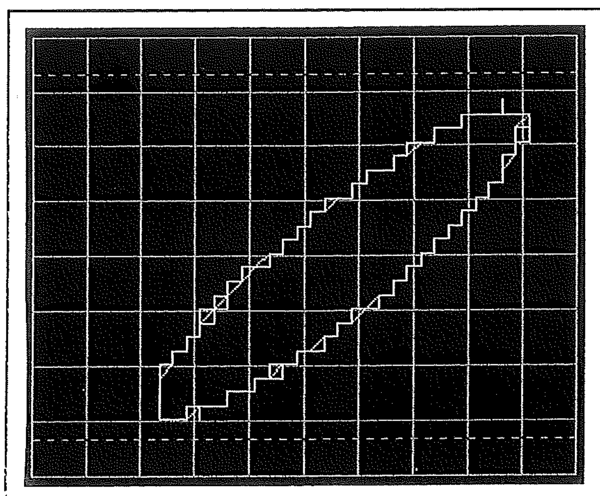



**Figuur 3/8.9.15-6:** De opstart-modus van de oscilloscoop: single trace.

Single trace is de opstartmodus en de scoop werkt zoals iedere eenkanaals scoop, zie figuur 3/8.9.15-6. In het vakje tussen de schuifpotentiometers verschijnen de instellingen van gevoeligheid, tijdbasis, vertraging en trigger-niveau.

In X/Y-modus worden de twee vertikale ingangssignalen aan de horizontale en

vertikale "afbuigplaten" van de beeldbuis aangelegd. Men kan dan Lissajous-figuren op het scherm verwachten, waarvan de vorm iets zegt over de frequentie- en fase-verhoudingen van de twee signalen, zie figuur 3/8.9.15-7. Hier wreekt zich duidelijk de beperkte 8 bit resolutie van het meetsysteem. In plaats van een mooie ovaal verschijnt er een verhakkeld plaatje op het scherm, waar in de praktijk weinig mee te beginnen valt!



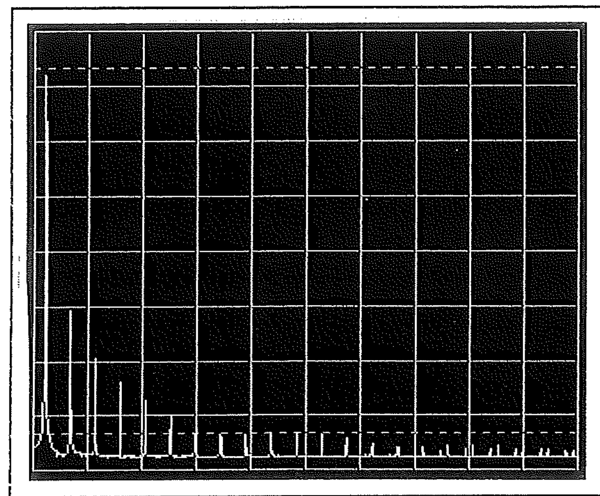
Figuur 3/8.9.15-7: Het meten in X/Y-modus zet zeer misvormde Lissajous-figuren op het scherm.

### ms/div schakelaars

De twee drukknoppen met de sinusjes er in vormen een omschakelaar voor de tijdbasis. In de ene stand bestrijkt de tijdbasis 5 ms tot 50 ms voor een volledige afbuiging, in de andere stand 0,5 ms tot 5 ms voor een volle afbuiging. Met de schuifpotentiometer "T" kan men de afbuiging tussen deze grenzen regelen.

### Trigger schakelaars

Als men op de knop "TRG OF" drukt, wordt de triggering uitgeschakeld. Het display vertoont een niet met de tijdbasis gesynchroniseerd signaal, zodat er van een stilstaand beeld geen sprake is. De twee drukknopjes links en recht van de genoemde knop stellen positieve of negatieve triggering in. Het triggerniveau is in te stellen met de schuifpotentiometer "Trg", helemaal rechts in het bedieningspaneel. In figuur 3/8.9.15-6 staat links in beeld een klein horizontaal streepje. Hiermee word het ingestelde triggerniveau op het beeldscherm weergegeven.



Figuur 3/8.9.15-8: Een Fourier-analyse van een blokgolf met een frequentie van 200 Hz.

### Spectrum analyser (FFT)

Door het indrukken van deze knop, rechts naast de trigger-knoppen, schakelt de oscilloscoop om naar analyser-functie. Als men de "Display mode switches" ingesteld heeft op single trace, verschijnt op het beeldscherm een frequentie-analyse van het signaal op de Y1-ingang. In figuur 3/8.9.15-8 is als voorbeeld de spectrum-analyse van een vierkantsgolf met een frequentie van 200 Hz weergegeven.
Duidelijk is links in beeld de amplitude-piek van het fundamenteel signaal te zien en rechts daarvan de pieken van de harmonischen met frequenties van 400 Hz,

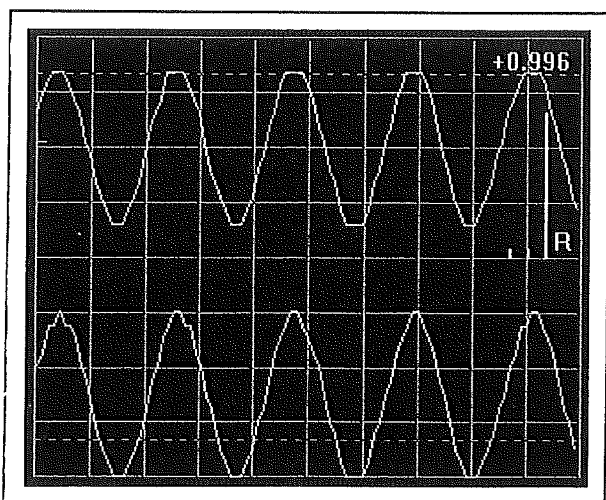
600 Hz, 800 Hz, etc. Dat de amplitude van die harmonischen keurig afneemt is uiteraard iets dat geen enkele elektronicus zal verbazen. Dat is immers de essentie van de theorie van Fourier! Kiest men voor dual trace, dan wordt ook nog eens een fasecurve op het scherm geplaatst, dat wil zeggen de faseverschuiving van de harmonischen ten opzichte van de fundamentele. De frequentie-schaal wordt nu bediend door de knoppen en de schuifpotentiometer die normaal dienen voor de instelling van de tijdbasis.

**Correlo-meter**

De volgende knop schakelt de functie "Correlo-meter" in. Een voor de auteur volledig onbekende functie, die er op neer komt dat de software een correlatiecoëfficiënt R berekend, waarvan de waarde wordt gegeven door:

$\mathbf{R} = [Y1 * Y2] / [Y1_{eff} * Y2_{eff}]$

Zoals uit figuur 3/8.9.15-9 volgt, worden de waarde van R en de pieksignaalniveaus van Y1 en Y2 onder de vorm van bargraph staafjes rechts boven in het beeldscherm van de scoop afgebeeld.




**Figuur 3/8.9.15-9:** Het scherm van de scoop als men de geheimzinnige functie "Correlo-meter" inschakelt.

**Meter knop**

De volgende knop in het rijtje schakelt de "Meter"-functie in. In deze functie kan men met de linker en de rechter muisknop twee cursors op het scherm van de scoop instellen. Het spanning- (dY) en tijdverschil (dT) tussen de posities van de twee cursors wordt onder in de status regel aangegeven. Op deze manier kan men dus snel top-tot-top waarden en perioden (laten) berekenen. Helaas worden de plaatsen waar men de twee cursors geplaatst heeft niet duidelijk op het scherm weergegeven. Bij de meeste digitale oscilloscopen worden die plaatsen duidelijk aangegeven door middel van assenkruizen.

**Phase adjustement**

De volgende knop heet "Phase adjustement" en wordt alleen actief als men Fourier-analyse in de dual trace mode toepast. Het systeem werkt heel simpel. Klik met de muis in het beeldscherm op die frequentie waarbij men de fase-verschuiving per definitie gelijk wil stellen aan nul. De software berekent nadien alle faseverschuivingen opnieuw ten opzichte van dit referentiepunt.

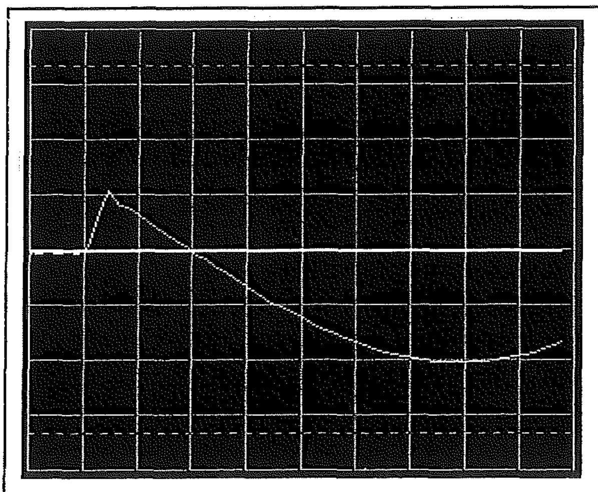
**Reset knop**

De volgende knop, "Reset" geheten, zet alle schuifpotentiometers naar hun opstart-instellingen.

**1:1 knop**

Met deze knop stelt en de versterkingen van beide kanalen in op 1 en eventuele offset's op 0. Het nul-niveau komt dan in het midden van het scherm te liggen en één LSB van de ADC's in de geluidskaart komt dan precies overeen met één pixelverschuiving naar boven of naar beneden. Deze functie is handig om het niveau te

controleren dat aan de geluidskaart wordt aangeboden. Blijkt dat het signaal dat men meet afgetopt is, dan worden de ADC's in de geluidskaart overstuurd en moet men kleinere signalen aanbieden.



**Figuur 3/8.9.15-10:** Het inschakelen van een oscillator vastgelegd met de "Store"-functie.

### Store knop

De knop met een grote S er op schakelt de "Store"-functie in. In deze modus werkt de oscilloscoop als een traditionele ouderwetse analoge geheugen-oscilloscoop. Alles dat op het beeldscherm verschijnt blijft staan, het beeld wordt dus niet ververst. Dit is een handige functie om eenmalige verschijnselen duidelijk in beeld te krijgen, bijvoorbeeld stoorpulsen die maar af en toe op een signaal ontstaan. De gegevens kunnen in deze modus echter niet naar een file gecopieerd worden, hetgeen logisch is, want nu kan het immers voorkomen dat per eenheid van tijd-as er verschillende Y-waarden zijn. Een mooie toepassing van deze functie is geschetst in figuur 3/8.9.15-10, waar het inschakelen van een oscillator in beeld wordt gebracht. De dikke horizontale lijn bestaat uit misschien wel honderden traces die geschreven zijn alvorens de voedingsspanning werd ingeschakeld. De dunne lijn werd geschreven op het moment dat de voeding opkomt en het uitgangssignaal van de oscillator wordt opgebouwd.

### Wait knop

Met deze knop wordt de zogenoemde "Armed triggering"-functie ingeschakeld. Hetgeen er op neer komt dat de horizontale afbuiging onderbroken wordt op het moment dat de ingangsspanning een vooraf ingestelde waarde overschrijdt. Dit is een handige functie voor het registreren van eenmalige verschijnselen. Men moet dan niet op het juiste moment op de "Hold"-knop klikken, dat gebeurt automatisch. De vooraf in te stellen waarde waarop deze functie inschakelt wordt ingesteld met de schuifpotentiometer van de triggering "Trg" en verschijnt als klein rood referentiestreepje rechts in het beeld.

### Y2=Y1 knop

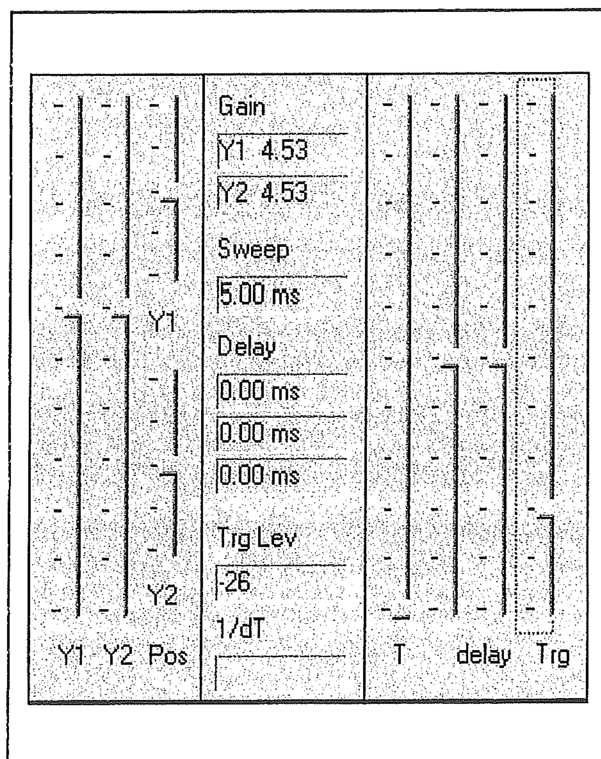
De laatste knop uit de knoppenbalk koppelt de versterkingsinstellingen van beide kanalen star aan elkaar, zodat de versterkingsfactoren voor beide kanalen steeds identiek zijn en zij met slechts één van de twee schuifpotentiometers bediend kunnen worden.

## De schuifpotentiometers

### Inleiding

De diverse variabele instellingen van de oscilloscoop worden bediend met schuifpotentiometers, die overzichtelijk naast het scherm zijn gegroepeerd, zie figuur 3/8.9.15-11.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.15-11:** De schuifpotentiometers voor het instellen van de variabele grootheden.

### Y1 en Y2 sliders

Met deze twee potentiometers kan men de ***software versterking*** van de beide horizontale kanalen instellen. Let er dus op dat deze instellingen niets veranderen aan een eventuele oversturing van de geluidskaart. Zij vertalen alleen de uitgangsgegevens van de ADC's van de kaart naar meer of minder grote schermafbeeldingen van de signalen. Als men in FFT-modus werkt is de signaalamplitude op het scherm recht evenredig met het product van de twee schuifpotentiometer standen. De instellingen van de schuifpotentiometers worden overruled door de knop "1:1", zie eerder. De twee versterkingsfactoren worden weergegeven in de indicatoren "Gain Y1" en "Gain Y2" die tussen de schuifpotentiometers zijn opgenomen.

### Pos Y1 en Pos Y2 sliders

Met deze twee kleinere schuifpotentiometers kan men de nul-assen van de twee horizontale kanalen instellen. Oftewel, men kan een positieve of negatieve offset bij de uitgangsgegevens van de ADC's optellen of aftrekken.

### T slider

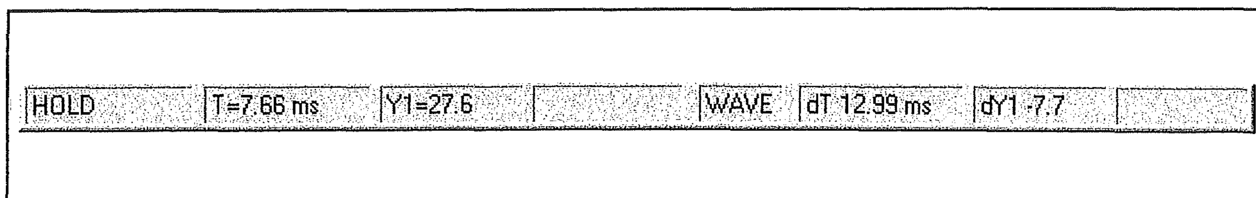
Dit is de potentiometer waarmee men de tijdbasis kan instellen tussen de twee met behulp van de drukknoppen geselecteerde bereiken 5 ms/div tot 0,5 ms/div en 50 ms/div tot 5 ms/div. Deze potentiometer werkt logaritmisch. De ingestelde afbuigsnelheid wordt weergegeven in de indicator "Sweep" die tussen de schuifpotentiometers is opgenomen.

### Delay sliders

Deze twee schuifpotentiometers hebben een dubbele functie. In de single trace modus bepalen zij de triggervertraging, dus het tijdsverloop tussen het moment waarop het ingangssignaal gelijk wordt aan de triggerdrempel en het starten van de tijdbasis. In de dual trace modus definiëren zij het tijdsverschil tussen het schrijven van het Y1 en Y2 kanaal. De linker potentiometer is de groffe instelling met een bereik tot 45 ms, de rechter de fijninstelling met een bereik van 5 ms. De totale delay-tijd is de som van beide instellingen.
De drie waarden worden weergegeven in de indicatoren "Delay" die tussen de schuifpotentiometers zijn opgenomen.

### Trigger level slider

De meest rechtse potentiometer "Trg" definieer het triggerniveau. De afbuiging start op het moment dat de absolute waarde van het Y1-signaal gelijk wordt aan de ingestelde triggerdrempel.




**Figuur 3/8.9.15-12:** De functies in de status regel.

Ook deze waarde wordt weergegeven in de indicator "Trg Lev" die tussen de schuifpotentiometers is opgenomen.

# De status regel

**Inleiding**

Onder in het venster van "Oscilloscope for Windows 95" is een status regel aanwezig. Deze geeft de momentele instellingen weer, met name:

- READY;
- ON LINE;
- HOLD;
- DISABLED;

zie figuur 3/8.9.15-12.

**Overige indicaties**

Daarnaast geeft de status regel weer:

- WAVE of FFT:

Of het apparaat als oscilloscoop dan wel als spectrum analyser is ingesteld.

- De actuele waarden van de tijd of de frequentie op de plaats van de cursor (T) en (Y1).
- De berekende verschilwaarden dT en DY1 tussen twee cursorpunten als het apparaat staat ingesteld in de "Meter"-modus.

# De shareware

De shareware-file OSC251.ZIP kan worden gedownload uit de Internet-site van de samenstellers van dit naslagwerk. Ga naar WWW.VEGO.NL\14\14.HTM en selecteer uit dit menu "Oscilloscope for Windows 95". Op deze pagina staat een aanklik-knop, waarmee men de ZIP-file kan downloaden.

## 8.9 Software voor de ontwerper

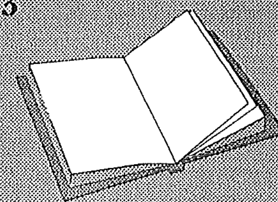
# 3/8.9.16

# Printen ontwerpen met PCB Designer versie 1.5.5

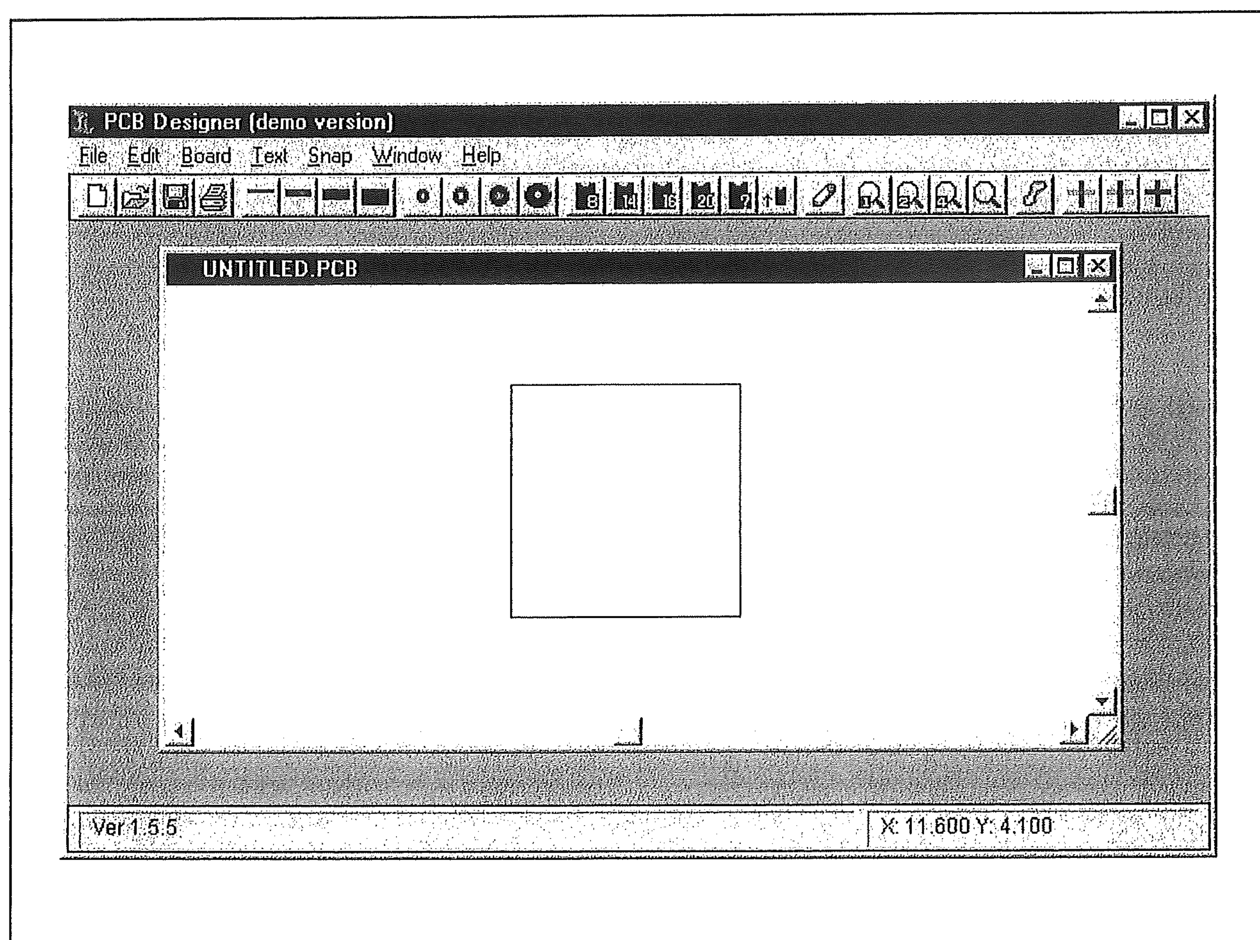
**Inleiding**
"PCB Designer" is, net zoals het in hoofdstuk 3/8.9.13 besproken "Sprint Layout", een tekenprogramma waarmee men *handmatig* printen kan tekenen. Dat betekent dat men géén netlists uit een of ander schema teken programma kan importeren en er géén automatische routing functies ter beschikking staan. Kortom, het eerlijke ouderwetse handwerk, waarbij men ieder rondje en iedere verbinding zélf moet aanbrengen. Toch zijn dit soort programma's zeer handig voor iedereen die maar af en toe een klein enkelzijdig printje moet ontwerpen. Dergelijke programma's werken namelijk intuïtief, hetgeen wil zeggen dat men er, zonder het doorploegen van honderden pagina's dikke handleidingen, binnen een kwartiertje mee aan de slag kan. Hetgeen niet gezegd kan worden van de "echte" printontwerp programma's, die vaak een echte zware training vereisen alvorens men er mee aan de slag kan.

**Voordelen**
Met "PCB Designer" kan men heel erg snel aan de slag!
Na het instellen van de afmetingen van de print kan men door middel van de knoppenbalk soldeereilanden, DIL-IC's en verbindingen leggen. Men selecteert een van de pad-symbolen uit de knoppenbalk, zet de cursor op de gewenste plaats en klikt.
Tekenen van kopersporen gaat even eenvoudig. Selecteer uit de knoppenbalk een van de vier breedten, klik met de linker muisknop op het beginpunt, verplaats de muis naar een hoek van de verbinding, klik weer, etc. Klik op de rechter muisknop om het spoor te beëindigen.
Men kan de afmetingen van de vier soldeereilandjes, vier dikten van verbindingen en de IC layout eenmalig instellen.
Met dit programma kan men ook dubbelzijdige ontwerpen maken. Men kan heel snel omschakelen van laag 1 naar laag 2, alles op de koperzijde wordt in het rood weergegeven, alles op de componentenzijde in het blauw.
Uiteraard is een "snap"-raster aanwezig dat men niet alleen op 0.1 inch kan instellen, maar zelfs op 0.0125 inch. Dit "magnetisch" raster is uit te schakelen.
Uniek aan dit programma is dat er 48 voorgedefinieerde koperpatronen voor SMD-componenten aanwezig zijn.

**LEES OOK:**
Hoofdstuk 3/8.9.2
Hoofdstuk 3/8.9.5
Hoofdstuk 3/8.9.13



## 8.9.16 Printen ontwerpen met "PCB Designer" versie 1.5.5




**Figuur 3/8.9.16-1:** Het openingsscherm van "PCB Designer" met het lege werkvenster.

Het ontwerpen van een printje voor SMD-componenten is met dit programma een fluitje van een cent! Bij het printen kan men zowel voor de koper- als voor de componentenzijde automatisch een soldeermasker laten uitprinten.

### Installatie

In dit hoofdstuk word de installatie van de gratis te verkrijgen demo-versie besproken. Het te downloaden bestand heet "PCBDEMO.EXE" en heeft een omvang van 407 kB. Na het dubbelklikken op dit bestand start automatisch de installer op die in een te selecteren directory op de harde schijf alle bestanden installeert. Met kan kiezen uit twee talen, Engels en Frans. Er worden vijf bestanden aangemaakt met een omvang van ongeveer 422 kB. In een subdirectory "COSTUM" worden nog eens 48 kleine bestandjes gezet met een totale omvang van 10 kB.

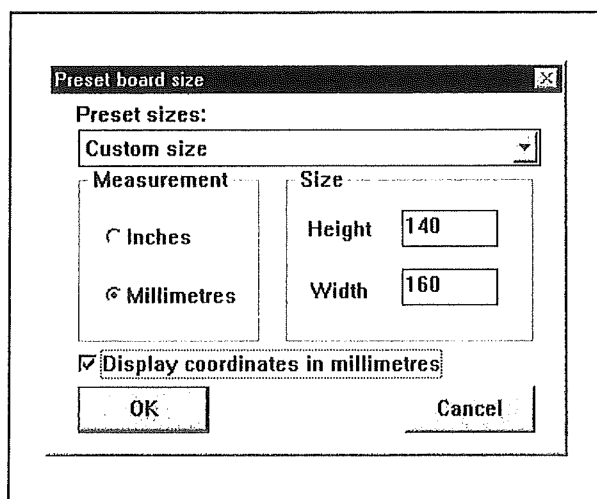
### Opstarten

Bij het opstarten van het programma verschijnt het venster van figuur 3/8.9.16-1 in beeld. In het hoofdvenster wordt meteen een bewerkingsvenster geopend, met daarin reeds een lege, kale print.
In principe zou men dus nu onmiddellijk aan de slag kunnen, maar verstandig is dit niet.
Beter is eerst een paar instellingen in te stellen, zoals:

**8.9.16 Printen ontwerpen met "PCB Designer" versie 1.5.5**

- afmetingen van de print;
- gewenste rastermaat;
- gewenste afmetingen van de vier standaard pad's;
- gewenste breedte van de vier standaard track's.

**Afmetingen van de print**
Hiervoor gaat men naar het menu "Board" en daaruit de optie "Size". Er verschijnt nu een invulvenstertje in beeld, zie figuur 3/8.9.16-2, waarin met de afmetingen van de te ontwerpen print in inches of in millimeter kan invullen. Natuurlijk klikt men ook het vinkje "Display coordinates in mm" aan. Het programma bevat de afmetingen van standaard fotoprinten, die men in de handel kan kopen, zoals het bekende Euro-formaat van 100 mm bij 160 mm.




**Figuur 3/8.9.16-2:** Het instellen van de afmetingen van de print.

**Instellen van de gewenste rastermaat**
Printen worden meestal ontworpen met een raster van een-tiende inch, oftewel 2,54 mm. Een heleboel onderdelen, zoals dual-in-line IC's gaan uit van deze maat. Zij hebben hun pootjes op een onderlinge afstand staan die een veelvoud is van 0.1 inch. Het is dus verstandig de rastermaat van de ontwerpen print op die standaard in te stellen. Dat gaat via het menu "Snap", waarin men rechtstreeks uit vier maten kan kiezen:
- coarse; 0.1";
- medium: 0.05";
- fine: 0.025"
- very fine: 0.0125"

Tot slot heeft men nog de optie geen "Snap" in te stellen, hetgeen tot gevolg heeft dat men de pad's op iedere gewenste plaats van het oppervlak kan positioneren.
Voor de meeste eenvoudige printen voldoet de coarse-instelling van 0.1" uitstekend.

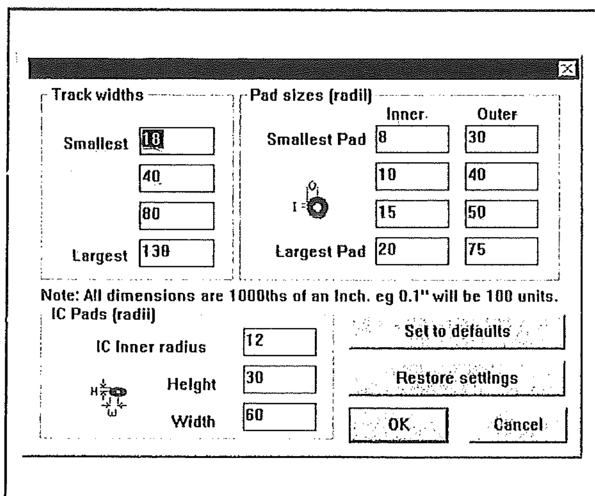
**Instellen van pad's en track's**
Het plaatsen van "koperen" rondjes, pad's genoemd en het leggen van "koperen sporen", track's genoemd, zijn de belangrijkste bezigheden van het printontwerpen. Nu moet men vrij vaak omschakelen van afmetingen. Voor een kleine weerstand volstaat een klein padje, voor een trafo zal men forsere pad's moeten gebruiken. Hetzelfde geldt voor de breedte van de track's. Voedingslijnen die 1 A vervoeren moeten minstens 1,5 mm breed zijn. Voor de niet stroomvoerende verbindingen kan men 0,5 mm track's gebruiken. In "PCB Designer" kan men heel snel omschakelen van de ene naar de andere afmeting. In de knoppenbalk staan namelijk vier pad- en vier track-symbooltjes. Na het aanklikken van een van die acht knoppen kan men onmiddellijk aan de slag.
Het handige van het programma is, dat men alle afmetingen van pad's en track's aan de eigen voorkeuren kan aanpassen. Via het menu "Board" en de optie "Track sizes" komt men in het invulschermpje van figuur 3/8.9.16-3, waarin men:

**8.9.16 Printen ontwerpen met "PCB Designer" versie 1.5.5**

- de breedte van de vier track's;
- de buitendiameter van de vier pad's;
- de binnendiameter van de vier pad's;
- de hoogte, breedte en binnendiameter van de IC-pad's;

kan instellen. Deze instellingen kunnen als nieuwe standaard-waarden gesaved worden.

Alle afmetingen moeten ingevuld worden in duizendsten van een inch, ook als men de afmetingen van de print in mm heeft gedefinieerd.




**Figuur 3/8.9.16-3:** Het instellen van de afmetingen van pad's en track's.

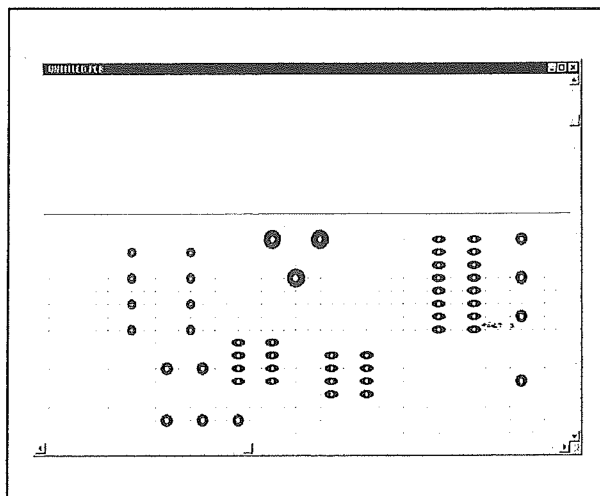
## Aanbrengen van de pad's

De eerste stap is het aanbrengen van de pad's. Dat gaat als volgt:

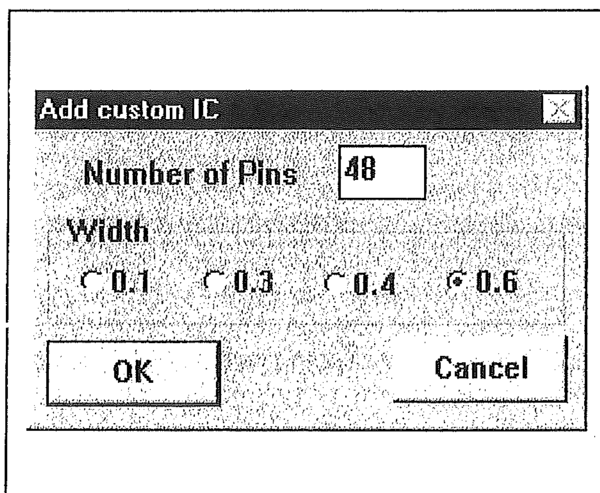
- Zet in het menu "Board" de optie "Grid on" aan. De cursor springt dan van rasterpunt naar rasterpunt, zodat men de pad's keurig in het gelid kan aanbrengen.
- Selecteer een van de vergrootglaasjes in de knoppenbalk, waarmee men de print 1, 2 of 4 maal kan vergroten. Met het laatste vergrootglaasje kan men een kader tekenen op de print, kader dat nadien vensteryullend verschijnt.
- Klik een van de vier pad-knoppen aan.
- Verplaats de muis naar het rasterpunt, waar een pad moet komen en klik met de linker muisknop. Het pad wordt geplaatst. Wil men de pad-functie verlaten, dan klikt men op de rechter muisknop.

Op deze manier kan men razendsnel alle pad's in het ontwerp aanbrengen, zie figuur 3/8.9.16-4.

Duidelijk zijn de rasterpunten te zien, waarop de cursor inklikt.

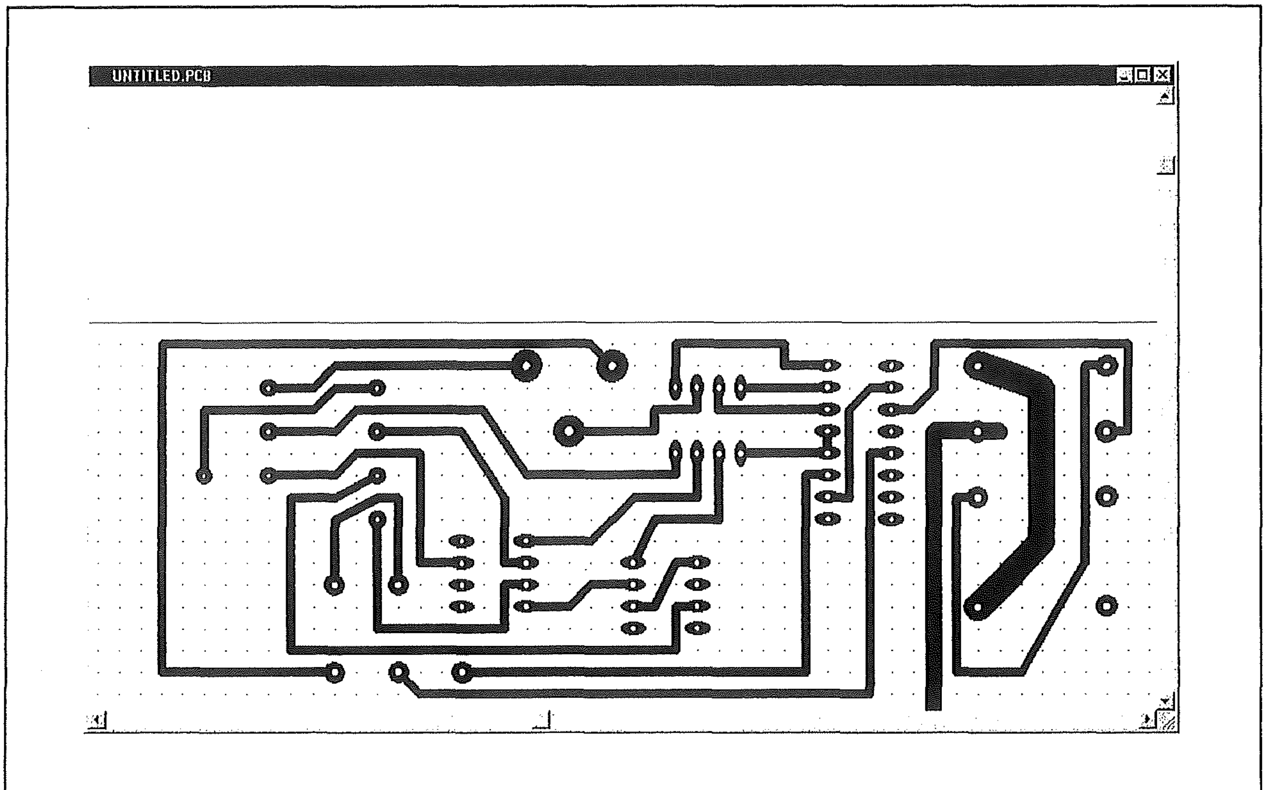


**Figuur 3/8.9.16-4:** Het aanbrengen van de pad's.




**Figuur 3/8.9.16-5:** Het venstertje "Add custom IC".

**8.9.16 Printen ontwerpen met "PCB Designer" versie 1.5.5**




**Figuur 3/8.9.16-6:** Het leggen van de verbindingen tussen de pad's.

## Handige details

Als men de cursor over het printoppervlak beweegt, verschijnen rechts onder in het venster twee getalletjes, die de *relatieve* cursorverplaatsing aangegeven. Relatief, omdat zij de horizontale en vertikale cursorverplaatsing ***ten opzichte van het laatst geplaatst*** pad aangegeven. Op deze handige manier kan men dus heel snel afstanden op de print meten en twee pad's snel op bijvoorbeeld 1.2" van elkaar zetten.

Een verkeerd geplaatst pad is snel te verwijderen.

Klik eerst op de rechter muisknop en klik nadien met de linker muisknop op het te verwijderen pad. Dit wordt groen weergegeven en kan nu met een druk op "Delete" gewist worden.

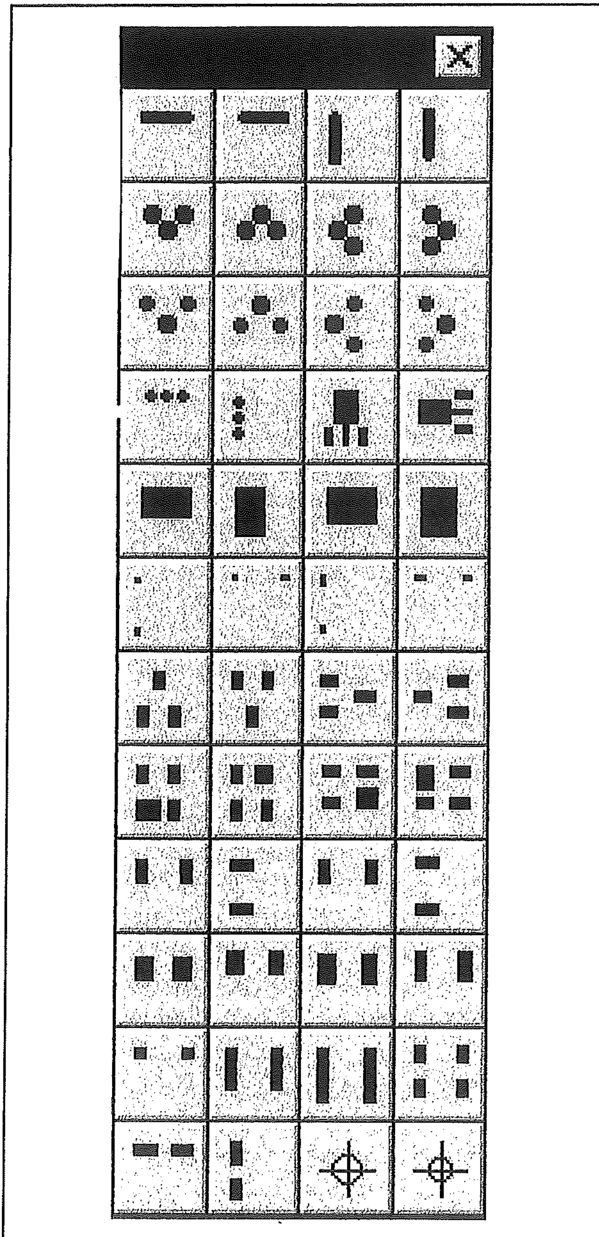
Op dezelfde manier kan men trouwens pad's verplaatsen.

## IC pad's

Voor het plaatsen van IC's beschikt "PCB Designer" over soortgelijke handige knoppen. In de knoppenbalk staan zes knoppen, die iets met het plaatsen van IC's te maken hebben.

De vier linkse knoppen, met de cijfertjes 8, 14, 16 en 20 er in, plaatsen in één keer alle pad's van een 8- tot en met 20-pens IC op de print. De twee rijen pad's staan 0.3" uit elkaar. Met de rechtse knop, die met een pijltje, kan men selecteren of de twee rijen pad's horizontaal of vertikaal geplaatst worden. Tot slot het knopje met een vraagteken er in. Klikt men dit aan, dan verschijnt het invulvenstertje van figuur 3/8.9.16-5 in beeld. Hierin kan men de geometrie van een niet-standaard IC invullen, bijvoorbeeld 48-pens met een onderlinge afstand van 0.6".

**8.9.16 Printen ontwerpen met "PCB Designer" versie 1.5.5**



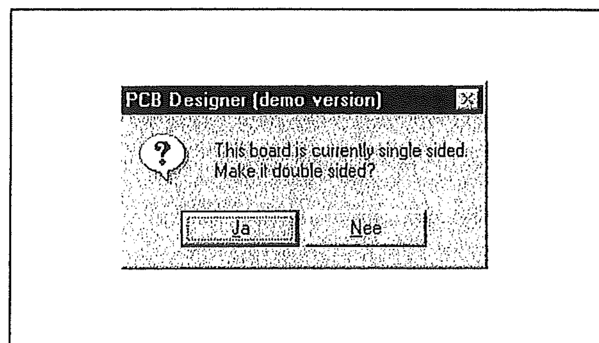
**Figuur 3/8.9.16-7:** De ter beschikking staande SMD-pad's.

## Het leggen van de verbindingen

Het leggen van de track's gaat al een eenvoudig.

- Druk op een van de vier track-knopjes.
- Ga met de cursor naar het pad waar de verbinding moet beginnen.
- Druk op de linker muisknop.
- Verplaats nu de cursor, de track wordt getekend.
- Daar waar de track een hoek moet maken, drukt men weer op de linker muisknop.
- Zo gaat men verder tot op het pad waar de verbinding moet eindigen.
- Druk op de linker en nadien op de rechter muisknop.

De track is gelegd en men kan nu aan het volgende spoortje beginnen. Ook nu kan men track's op de reeds bij de pad's beschreven manier wissen of verplaatsen.

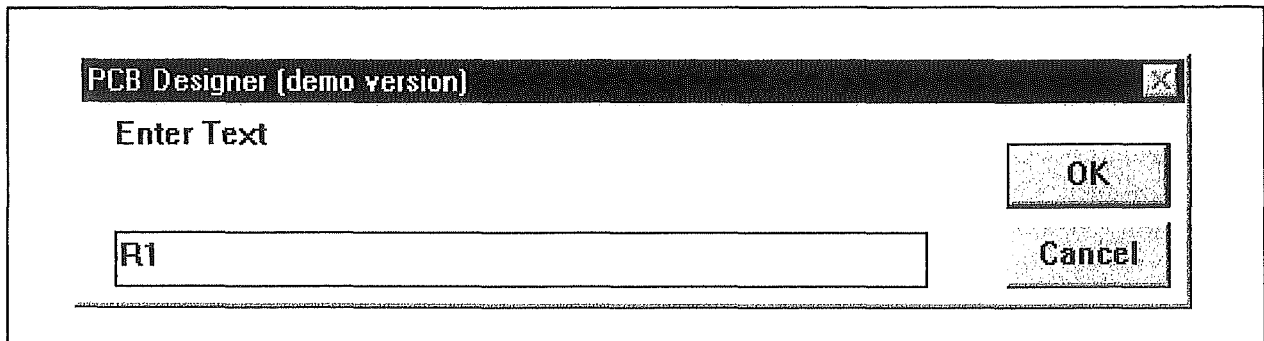



**Figuur 3/8.9.16-8:** Het dubbelzijdig maken van een print.

## Surface Mounting

Tegenwoordig is het voor de serieuze hobbyist een uitdaging om SMA-printjes te ontwerpen. Printjes, waarop de componenten niet meer via gaatjes en aansluitpennen of -draadjes op de koperzijde van de print worden gesoldeerd, maar waarbij de componenten rechtstreeks op de koperen zijde worden gelijmd en nadien gesoldeerd. SMA vereist geheel andere ontwerptechnieken dan "traditionele" printen. Men heeft immers geen ronde pad's met gaatjes in het midden nodig, maar vierkante en rechthoekige pad's. "PCB Designer" heeft hiervoor een afzonderlijke functie.

**8.9.16 Printen ontwerpen met "PCB Designer" versie 1.5.5**




**Figuur 3/8.9.16-9:** Het invoeren van tekst.

Als men de knop tussen de IC'tjes en de vergrootglaasjes aanklikt, komt het selectievenstertje van figuur 3/8.9.16-7 in beeld. Hieruit kan men een van 48 speciale pad's selecteren, die volledig op de standaard afmetingen van SMD-componenten zijn ontworpen. Deze zijn net zo gemakkelijk op de print te zetten als normale pad's. Met deze functie wordt het ontwerpen van een SMD-printje dus écht een fluitje van een cent!
Nadien kan men de track's tussen de pad's aanbrengen en het printje is klaar

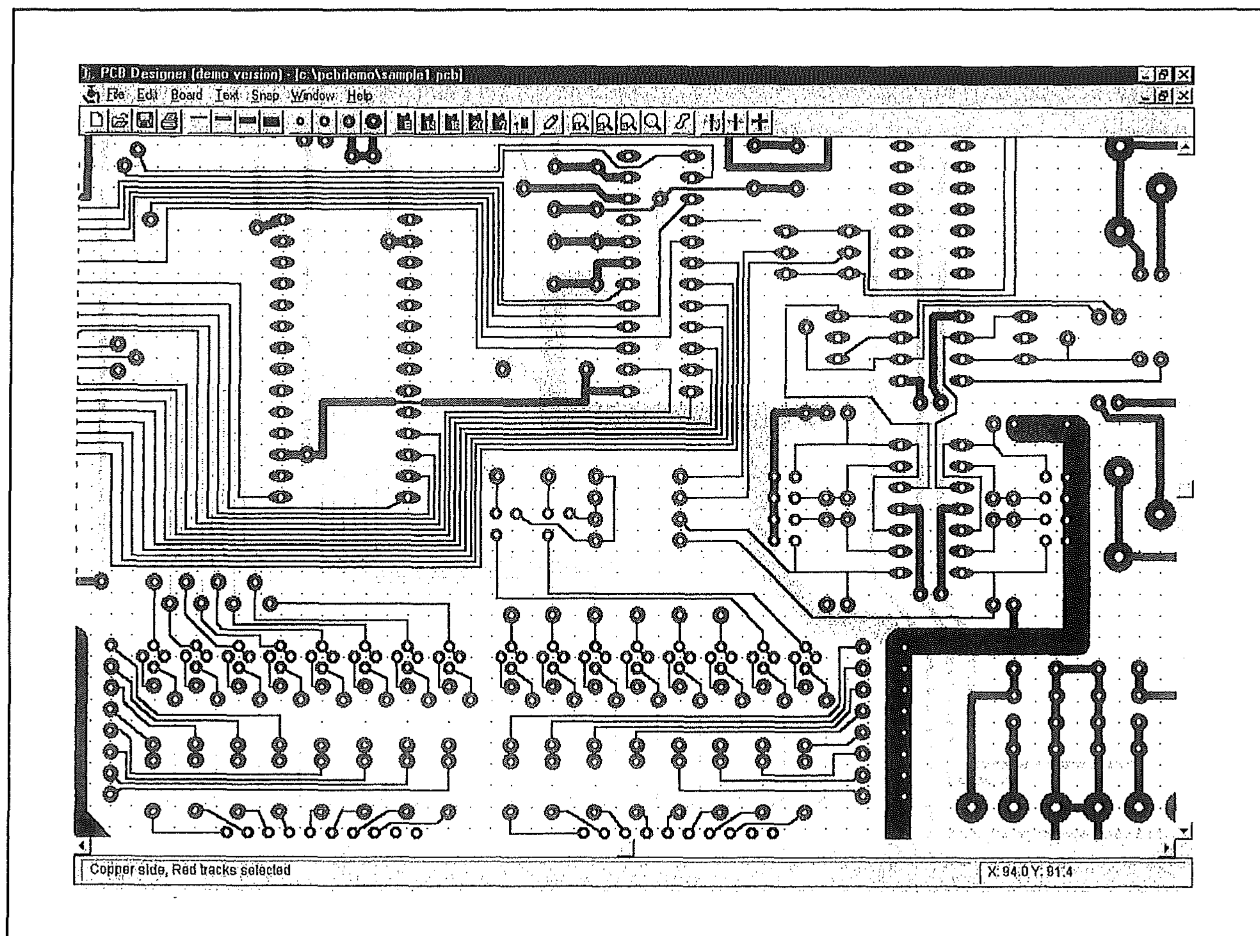
**Dubbelzijdige printen**
Iedere nieuwe print start standaard enkelzijdig op. Men kan echter, door het drukken op een van de drie meest rechtse knoppen, de print dubbelzijdig maken, zie figuur 3/8.9.16-8. Nadien kan men met de rode en de blauwe knop selecteren op welke zijde van de print "iets" wordt aangebracht. Dat "iets" kunnen pad's, track's maar ook tekst zijn. Dank zij deze optie kan men bij enkelzijdige printen een primitieve componentenopstelling tekenen. Men kan immers het gehele koperen patroon op de koperzijde aanbrengen en op de andere zijde via tekst de plaats van de componenten aangeven.
Per definitie wordt alles dat rood op het scherm verschijnt op de koperzijde geplaatst en alles dat blauw verschijnt op de componentenzijde.

**Invoeren van teksten**
Dit gaat via het menu "Text". Er zijn drie standaard lettergrootten beschikbaar, namelijk:
- Arial 6 punt;
- Arial 8 punt;
- Arial 10 punt.

Men kan natuurlijk via de optie "Font" een ander lettertype selecteren.
Voor het invoeren van tekst selecteert men eerst een van de twee lagen en nadien uit het menu "Text" de optie "Add".
Men klikt nu met de linker muisknop op de plaats waar de tekst moet verschijnen. In het venstertje van figuur 3/8.9.16-9 kan men nu de tekst invoeren, die na druk op de knop "OK" op de cursorplaats verschijnt.

**Voorlopige conclusie**
Het zal wel duidelijk zijn dat "PCB Designer" een heel intuïtief werkend programma is.
Dat er ook ingewikkelde ontwerpen mee gemaakt kunnen worden bewijst wel figuur 3/8.9.16-10, waarin een ingewikkelde dubbelzijdige print op de beschreven manier werd ontworpen.

**8.9.16 Printen ontwerpen met "PCB Designer" versie 1.5.5**




**Figuur 3/8.9.16-10:** Een voorbeeld van een ingewikkelde dubbelzijdige print, ontworpen met "PCB Designer".

**Printen**

Een van de belangrijkste kwaliteitsnormen van een PCB-programma is het printmenu. Als men dubbelzijdige printen ontwerpt moet men immers in staat zijn beide zijden van de print af te drukken. Bovendien moet een optie aanwezig zijn om de ontwerpen spiegelverkeerd af te drukken. Als men met een inkjet printer werkt en print op transparante folie, dan moet immers zo worden afgedrukt dat nadien de bedrukte zijde van de folie op de fotogevoelige laag van de print komt te liggen. Dat gaat alleen goed als men het ontwerp gespiegeld kan afdrukken. Een laatste handige optie is om ontwerpen geïnverteerd te kunnen afdrukken, dus waarbij zwart wit wordt in wit zwart. Er zijn immers fotogevoelige printen die eisen dat de weg te etsen delen worden belicht.

"PCB Designer" biedt al deze opties. Via het menu "File" en de optie "Print" komt men in het aanklikvenstertje van figuur 3/8.9.16-11 terecht. Dit venstertje biedt een heleboel opties.

**Select sides to print**

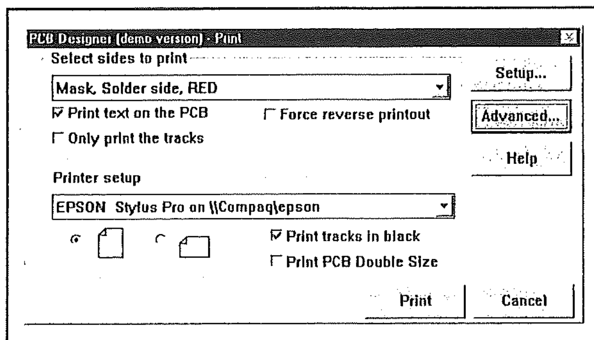
Hier kan men kiezen tussen:

- Invers mask:
  De componentenzijde van de print wordt gespiegeld afgedrukt.
- Invers solder side:

**8.9.16 Printen ontwerpen met "PCB Designer" versie 1.5.5**

De soldeerzijde van de print wordt gespiegeld afgedrukt.
- Component side:
  De componentenzijde wordt normaal afgedrukt.
- Solder side:
  De soldeerzijde van de print wordt normaal afgedrukt.
- Proof print:

De twee zijden worden op één vel papier afgedrukt, ideaal voor het controleren van het ontwerp.




Figuur 3/8.9.16-11: Het venster waarin men de "Print"-opties in kan stellen.

### Overige "Print"-opties

Via aan te vinken opties kan men extra opties in het "Print"-venstertje instellen:
- Force reverse print-out:
  Wit wordt zwart, zwart wordt wit.
- Print text on PCB:
  Op de ontwerpen ingevoerde teksten worden ook afgedrukt.
- Only print the track's:
  Alleen de koperen patronen worden afgedrukt, zonder tekst.
- Print tracks in black:
  Een optie die beschikbaar is bij kleurenprinters en waarbij alle sporen in het zwart worden afgedrukt.

### Exporteren

Ontwerpen die in "PCB Designer" ontworpen zijn, kunnen geëxporteerd worden als .WMF-file. Op deze manier kunnen de ontwerpen bijvoorbeeld in een "Word"-document verwerkt worden. Ga hiervoor naar het "Edit"-menu en klik de optie "Copy.WMF" aan. Het ontwerp wordt nu onmiddellijk als .WMF-bestand in het klembord opgeslagen en kan via "Edit" en "Paste" in een andere applicatie geladen worden.

### Demo-versie

Van "PCB Designer" is een demo-versie verkrijgbaar. Deze is volledig functioneel, op de "Print"- en "Copy.WMF"-functies na. Om het de lezers van dit naslagwerk gemakkelijk te maken hebben de samenstellers van "Hobby Elektronica" deze demo-versie op hun Internet-site als download klaar staan. Ga naar "WWW.VEGO.NL/14/14.HTM". In het menu op deze pagina treft men de "PCB designer" aan.
Het programma is ontwikkeld door:
Niche Software
support@niche.demon.co.uk

## 8.9.16 Printen ontwerpen met "PCB Designer" versie 1.5.5

# 3/8.9.17

# De Elektuur IC databank

## Inleiding

### Data-honger

Iedere elektronicus, die naam waardig, heeft een niet te stillen honger naar gegevens van IC's. IC's vormen immers de basis van ieder modern ontwerp en zonder IC-gegevens is iedere ontwerper ziende blind. Vroeger kon men voor veel geld de data-boeken van IC-fabrikanten aanschaffen. Tegenwoordig kan men via het Internet de gegevens van ieder IC opvragen en uitprinten. Maar dat is nogal een gedoe, de meeste sites van IC-fabrikanten zijn of drukbezocht of blijkbaar ondergebracht op een server met minimale toegangscapaciteiten. Veel geduld is het parool!
Vandaar dat bedrijven CD-ROM's op de markt brengen met gegevens van IC's. Honderd keer sneller dan het trage Internet, als het goed is merk-onafhankelijk.

### Van prijzig tot goedkoop

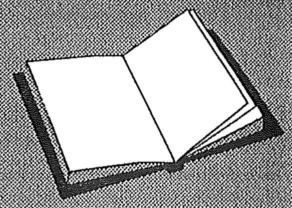
CD-ROM's met IC-gegevens zijn in alle prijsklassen op de markt. Van de absolute top, de "IC Master" die meer dan *f* 750,00 kost en meer dan 10.000 IC's bevat tot goedkope alternatieven zoals de in dit hoofdstuk besproken "IC databank" van Elektuur. Een CD-ROM die voor *f* 69,00 de gegevens van de "belangrijkste IC's van de belangrijkste producenten" aanbiedt. Hetgeen er op neerkomt dat er ongeveer 830 vrij willekeurig gekozen IC's in de categorieën lineair, TTL, CMOS en HCMOS ter beschikking staan.



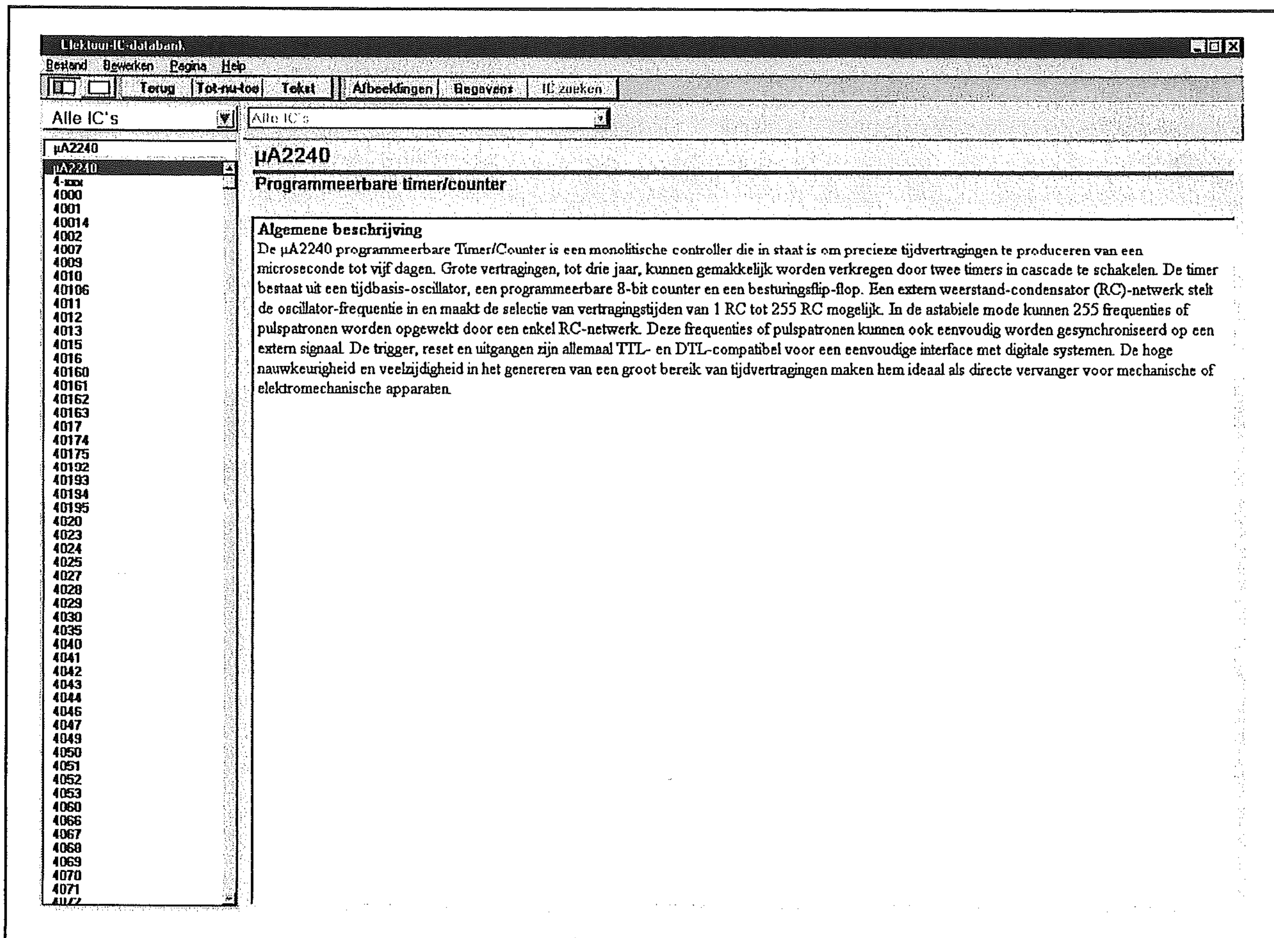

**Figuur 3/8.9.17-1:** Zo zou het steeds moeten: men kan een taal kiezen, waarin het programma de gebruiker tegemoet treedt.

**LEES OOK:**

Geen verwijzingen



**8.9 Software voor de ontwerper**



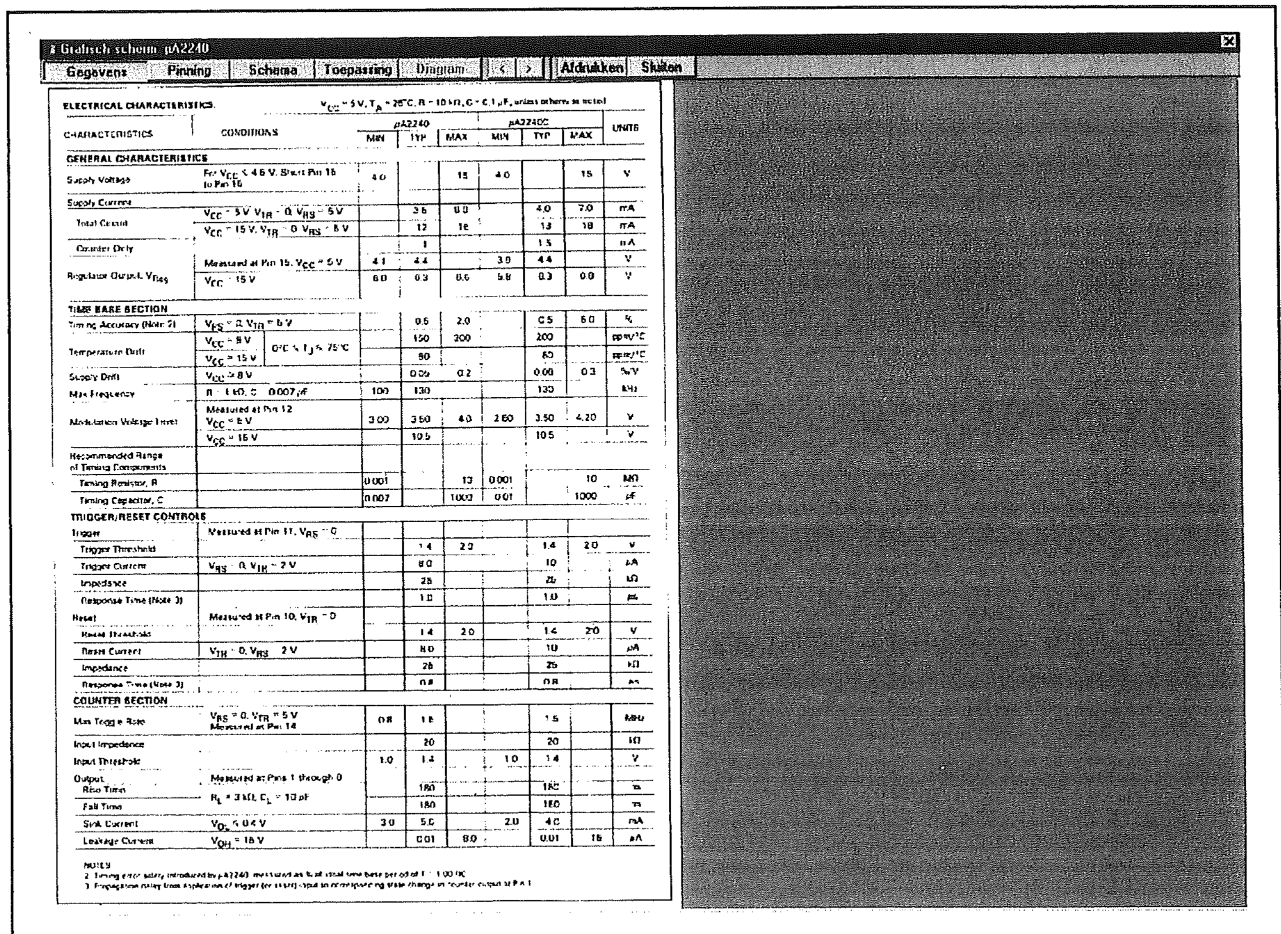

**Figuur 3/8.9.17-2:** Het gemaximaliseerde openingsscherm van de "Elektuur IC databank".

**Installatie**

De CD-ROM is niet zelfstartend. De root bevat, vreemd genoeg, wél een bestand "AUTORUN.INF", maar dit bevat géén verwijzing naar een installatie-programma. Men moet dus handmatig de file "SETUP.EXE" selecteren en dubbelklikken. Foutje van de programmeurs? Hoe dan ook, als eerste schermpje verschijnt een taalkeuze in beeld, zie figuur 3/8.9.17-1. Een lovenswaardig initiatief, dat alle programma's zouden moeten hebben. Hoewel Elektuur een oer-Nederlands bedrijf is, heeft men er voor gekozen deze CD-ROM in Duitsland te laten programmeren. Geen punt, natuurlijk, behalve als blijkt dat er ook na de Nederlandse installatie allerlei Duitse spoortjes achterblijven...

Als tweede selectie kan men kiezen of men de meeste gegevens op de CD-ROM laat of de belangrijkste bestanden naar de harde schijf kopieert. In het laatste geval neemt het programma ongeveer 14,7 MB in beslag. Let op! Ook dan moet de CD-ROM in het loopwerk blijven als men het programma draait! De CD-ROM bevat namelijk 1.932 bestanden die 409 MB in beslag nemen en daarvan worden er maar 42 naar de harde schijf gecopieerd.

**8.9 Software voor de ontwerper**




ELECTRICAL CHARACTERISTICS. $V_{CC}$ = 5 V, $T_A$ = 25°C, R = 10 kΩ, C = 0.1 µF, unless otherwise noted

| CHARACTERISTICS | CONDITIONS | µA2240 MIN | µA2240 TYP | µA2240 MAX | µA2240C MIN | µA2240C TYP | µA2240C MAX | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **GENERAL CHARACTERISTICS** | | | | | | | | |
| Supply Voltage | For $V_{CC}$ < 4.5 V, Short Pin 15 to Pin 16 | 4.0 | | 15 | 4.0 | | 15 | V |
| Supply Current | | | | | | | | |
| Total Circuit | $V_{CC}$ = 5 V, $V_{TR}$ = 0, $V_{RS}$ = 5 V | | 3.5 | 6.0 | | 4.0 | 7.0 | mA |
| | $V_{CC}$ = 15 V, $V_{TR}$ = 0, $V_{RS}$ = 5 V | | 12 | 16 | | 13 | 18 | mA |
| Counter Only | | | 1 | | | 1.5 | | mA |
| Regulator Output, $V_{Reg}$ | Measured at Pin 15, $V_{CC}$ = 5 V | 4.1 | 4.4 | | 3.9 | 4.4 | | V |
| | $V_{CC}$ = 15 V | 6.0 | 6.3 | 6.6 | 5.8 | 6.3 | 6.8 | V |
| **TIME BASE SECTION** | | | | | | | | |
| Timing Accuracy (Note 2) | $V_{RS}$ = 0, $V_{TR}$ = 5 V | | 0.5 | 2.0 | | 0.5 | 5.0 | % |
| Temperature Drift | $V_{CC}$ = 5 V, 0°C ≤ $T_J$ ≤ 75°C | | 150 | 300 | | 200 | | ppm/°C |
| | $V_{CC}$ = 15 V, 0°C ≤ $T_J$ ≤ 75°C | | 80 | | | 80 | | ppm/°C |
| Supply Drift | $V_{CC}$ ≥ 8 V | | 0.05 | 0.2 | | 0.08 | 0.3 | %/V |
| Max Frequency | R = 1 kΩ, C = 0.007 µF | 100 | 130 | | | 130 | | kHz |
| Modulation Voltage Level | Measured at Pin 12, $V_{CC}$ = 5 V | 3.00 | 3.50 | 4.0 | 2.80 | 3.50 | 4.20 | V |
| | $V_{CC}$ = 15 V | | 10.5 | | | 10.5 | | V |
| Recommended Range of Timing Components | | | | | | | | |
| Timing Resistor, R | | 0.001 | | 10 | 0.001 | | 10 | MΩ |
| Timing Capacitor, C | | 0.007 | | 1000 | 0.01 | | 1000 | µF |
| **TRIGGER/RESET CONTROLS** | | | | | | | | |
| Trigger | Measured at Pin 11, $V_{RS}$ = 0 | | | | | | | |
| Trigger Threshold | | | 1.4 | 2.0 | | 1.4 | 2.0 | V |
| Trigger Current | $V_{RS}$ = 0, $V_{TR}$ = 2 V | | 8.0 | | | 10 | | µA |
| Impedance | | | 25 | | | 25 | | kΩ |
| Response Time (Note 3) | | | 1.0 | | | 1.0 | | µs |
| Reset | Measured at Pin 10, $V_{TR}$ = 0 | | | | | | | |
| Reset Threshold | | | 1.4 | 2.0 | | 1.4 | 2.0 | V |
| Reset Current | $V_{TR}$ = 0, $V_{RS}$ = 2 V | | 8.0 | | | 10 | | µA |
| Impedance | | | 25 | | | 25 | | kΩ |
| Response Time (Note 3) | | | 0.8 | | | 0.8 | | µs |
| **COUNTER SECTION** | | | | | | | | |
| Max Toggle Rate | $V_{RS}$ = 0, $V_{TR}$ = 5 V, Measured at Pin 14 | 0.8 | 1.5 | | | 1.5 | | MHz |
| Input Impedance | | | 20 | | | 20 | | kΩ |
| Input Threshold | | 1.0 | 1.4 | | 1.0 | 1.4 | | V |
| Output Rise Time | Measured at Pins 1 through 8, $R_L$ = 3 kΩ, $C_L$ = 10 pF | | 180 | | | 180 | | ns |
| Fall Time | | | 180 | | | 180 | | ns |
| Sink Current | $V_{OL}$ ≤ 0.4 V | 3.0 | 5.0 | | 2.0 | 4.0 | | mA |
| Leakage Current | $V_{OH}$ = 15 V | | 0.01 | 8.0 | | 0.01 | 15 | µA |

NOTES

**Figuur 3/8.9.17-3:** Een voorbeeld van de presentatie van IC-gegeven in het "Grafisch scherm".

# Werken met het programma

## Het openingsscherm

Na het starten van het programma verschijnt het venster van figuur 3/8.9.17-2 op het scherm. Wat meteen opvalt is dat een normale Windows-optie, namelijk het zélf instellen van de afmetingen van dit venster, niet van toepassing is. Weliswaar staat het bekende pictogrammetje rechts boven in de titelbalk, maar het aanklikken hiervan heeft geen enkel resultaat. Het venster is óf beeldvullend óf geminimaliseerd, een andere mogelijkheid is er niet! Tweede foutje van de programmeurs? Het venster is in twee delen gesplitst. Het smalle linker gedeelte wordt gebruikt voor de keuze van het IC. Hierin staan alle ongeveer 830 aanwezige IC's alfanumeriek opgesomd. Het brede rechter deel toont de beschrijving van het geselecteerde IC.

## Eerste selectie

De eerste selectie van een IC is eenvoudig: scroll door de linker lijst, klik een bepaald IC aan en de algemene beschrijving verschijnt in het rechter venster. Vreemd genoeg zijn niet alle beschrijvingen in het

Nederlands, nogal wat IC's worden ingeleid met een Engelse tekst! Dat is voornamelijk het geval als de beschrijving vrij uitgebreid is. De programmeurs hebben blijkbaar de tekst uit de door de fabrikant aangeleverde PDF-file gekopieerd en zonder verdere bewerking op de CD-ROM gezet.

### Grafisch scherm

In eerste instantie verschijnt dus alleen een tekstvenster in beeld, waarin een algemene beschrijving van het IC wordt gegeven. Alle IC's op de CD-ROM worden echter begeleid door illustraties, die in een extra te openen grafisch scherm worden weergegeven. Om deze afbeeldingen te kunnen bekijken, volstaat een klik op de "Afbeeldingen"-knop op de knoppenbalk. Dan wordt het grafisch venster geopend. In dit grafisch venster kan men de pinning, het intern schema, de kenmerkende gegevens, de toepassingen en eventueel een blokschema van het geselecteerde IC bekijken, zie figuur 3/8.9.17-3.

### Kenmerkende gegevens

De kenmerkende gegevens van de lineaire IC's zijn in een aparte databank opgeslagen. Met een klik op de "Gegevens"-knop verschijnt het venster met kenmerkende gegevens waarin alle belangrijke gegevens in tabelvorm worden weergegeven, zie figuur 3/8.9.17-4.
Wat wél opvalt is dat het venstertje "kenmerkende gegevens" echt de absoluut minimale gegevens bevat.
In figuur 3/8.9.17-4 zijn als voorbeeld de gegevens van de temperatuursensor LM135 weergegeven. Vergelijk dit nu eens met de gegevens die onze allereigenste IC database op www.vego.nl te bieden heeft, zie figuur 3/8.9.17-5. Commentaar overbodig! Bovendien kunnen de "kenmerkende gegevens" niet uitgeprint worden.

Gegevens

LM135 — Sluiten

Meten

Fabrikant: National Semiconductor

Techniek

| | | |
|---|---|---|
| Minimale voedingsspanning | 4 | V |
| Maximale voedingsspanning | 30 | V |
| Stroomverbruik | 15 | mA |
| Meetbereik | -40...+110°C | |
| Lineariteit | ±0,2°C | |

Figuur 3/8.9.17-4: De "kenmerkende gegevens" van lineaire IC's.

| | |
|---|---|
| LM135 | 10 mV/°K, -55 °C tot +150 °C<br>PTAT spanningssensor met extra calibratie-ingang en fout van minder dan 1 °C over een 100 °C bereik, moet als zenerdiode middels voorschakelweerstand met voedingsspanning worden verbonden<br>maximale stroom: 15 mA, temperatuurgebied: -55 °C tot +150 °C continu (+200 °C intermitterend), gevoeligheid: +10 mV/°C, spreiding bij 25 °C: 2,95 V tot 3,01 V, fout niet afgeregeld: 5 °C maximaal, fout afgeregeld bij +25 °C: 1,5 °C maximaal, niet-lineariteit: 1 °C maximaal, spreiding bij 0,5 mA tot 5 mA: 10 mV maximaal, dynamische impedantie: 0,6 Ohm, tijdconstante in lucht: 80 s, stabiliteit: 0,2 °C/1000 uur, TO-46, National Semiconductor |

Figuur 3/8.9.17-5: Als vergelijking: de gegevens van de LM135 in de "IC database" van www.vego.nl.

# De menu's

### Inleiding

Het programma heeft vier menu's:
- Bestand;
- Bewerken;
- Pagina;
- Help.

### Menu "Bestand"

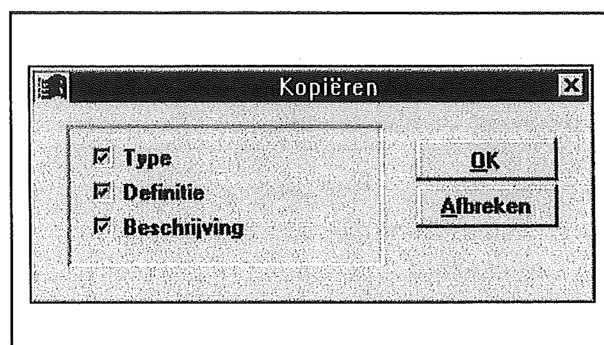
- Optie "Afdrukken"
  Om de beschrijving van een geselecteerd IC af te drukken, kiest men de optie "Afdrukken" uit het menu "Bestand". Het afdrukken gebeurt op de standaard Windows-printer. Om een afbeelding uit het grafisch venster af te drukken volstaat een klik op de knop "Afdrukken" van de bij dit venster behorende knoppenbalk. De betreffende figuur wordt vervolgens afgedrukt op de standaardprinter.
- Optie "Afsluiten"
  Hiermee verlaat men het programma.

### Menu Bewerken

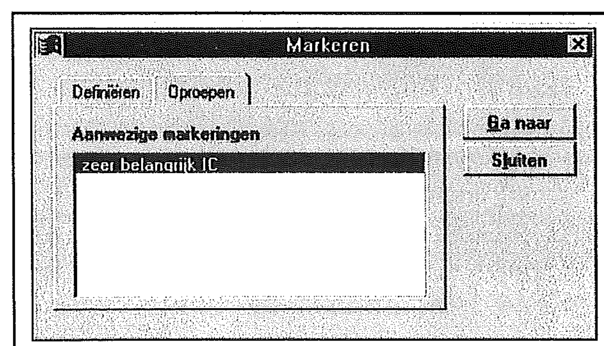
- Optie "Kopiëren"
  Hiermee wordt de beschrijving van een geselecteerd IC naar het Windows klembord gekopieerd. In het dialoog venster dat dan verschijnt, zie figuur 3/8.9.17-6, kan men aangeven wat gekopieerd moet worden:
  - het type;
  - de definitie;
  - de beschrijving.

### Menu "Pagina"

- Optie "Bladwijzer"
  Dat zou het moeten heten ... Het van origine Duitse programma is op diverse plekken slecht vertaald, zodat hier "Blaadwijzer" staat. Er verschijnt een venster waarin men een term naar keuze kan invoeren. Op deze manier kan de gebruiker een lijst van belangrijke IC's aanleggen. Vanaf dat moment is het steeds mogelijk het IC op te roepen door in het venstertje "Markeren" de ingevoerde omschrijving aan te klikken, zie figuur 3/8.9.17-7.




**Figuur 3/8.9.17-6:** Het venstertje "Kopiëren".




**Figuur 3/8.9.17-7:** Via de functie "Bladwijzer" kan men belangrijke IC's markeren met een eigen tekstje.

- Optie "Notitie"
  Er verschijnt een venstertje waarin men nadere informatie over een IC kan invoeren. Deze extra informatie kan worden opgeslagen en een volgende keer weer met <F6> worden opgeroepen.

# De knoppenbalk

**Inleiding**
De knoppenbalk, zoals gebruikelijk gepositioneerd onder de menubalk, biedt snelle toegang tot de voornaamste functies van het programma, zie figuur 3/8.9.17-8:
- Twee linker pictogrammen:
  Hiermee kan men ofwel de twee vensters van figuur 3/8.9.17-2 in beeld brengen, ofwel alleen het grote venster met de beschrijving.
- Terug:
  Springt naar het vóór de laatste muisklik geactiveerde venster.
- Tot-nu-toe:
  Opent het "Tot-nu-toe"-venster met een lijst met alle IC's die tijdens de actuele zitting zijn geopend.
- Tekst:
  Opent een venster om op trefwoorden te zoeken.
- Afbeeldingen:
  Opent het grafisch venster.
- Gegevens:
  Opent het venster met de kenmerkende gegevens.
- IC zoeken:
  Opent een venster om naar IC's met bepaalde technische kenmerken te zoeken.

# Een IC zoeken

**Inleiding**
Het programma biedt verschillende zoekfuncties om snel een IC op te zoeken:
- Alfanumeriek zoeken:
- Zoeken op functie;
- Zoeken naar IC's met bepaalde technische kenmerken;
- Zoeken op trefwoorden.

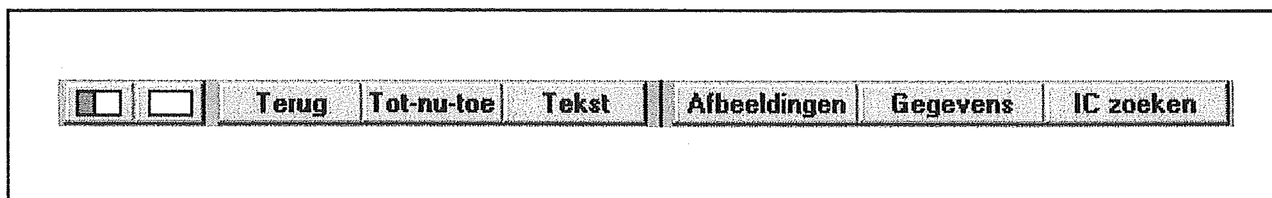
**Alfanumeriek zoeken**
Links op het beeldscherm staat een alfabetisch gesorteerde lijst van alle ongeveer 830 beschikbare IC's. Het volstaat in deze lijst een IC aan te klikken.

**Zoeken naar IC's van een bepaalde productietechniek**
De IC's op de CD-ROM zijn ingedeeld in:
- Lineaire IC's;
- CMOS IC's (de 4000-serie);
- HCMOS IC's (de families 74HC, 74HCT en 74HCU);
- TTL-IC's (de families 74, 74L, 74 LS, 74S en 74AS).

Als men in het gele keuzemenu een van deze groepen kiest, worden in de IC-lijst nog slechts IC's van die groep weergegeven.

**Zoeken op functie**
Als men in het gele keuzemenu een van de hogervermelde productiegroepen kiest, kan men nog eens extra selecteren op functies. Kiest men bijvoorbeeld voor "Lineaire IC's", dan kan men zoeken op:
- AD en DA omzetters;
- Audio, radio en TV IC's;
- Buffers;
- Diversen;
- Interfaces;
- Meten;
- Op-amp's en comparatoren;
- Spanningsregelaars;
- Timers, omzetters en generatoren.

**Zoeken naar IC's met bepaalde technische kenmerken**
Na selectie van "Productietechniek" en "Functie" kan men gaan selecteren op de technische kenmerken. Hoe dat gaat is afhankelijk van de twee vorige keuzen.




**Figuur 3/8.9.17-8:** De knoppenbalk van het programma.

Als voorbeeld is in figuur 3/8.9.17-9 het selectievenstertje gegeven dat geldt voor de productietechniek "Lineaire schakelingen" en de functie "Op-amp's en comparatoren". Overigens is dit het meest uitgebreide venster, bij sommige functies kan men alleen zoeken op voedingsspanning en -stroom.




**Figuur 3/8.9.17-9:** Zoeken op "Technische kenmerken" bij de functie "Op-amp's en comparatoren".

Men kan numerieke gegevens invullen, die verfijnd kunnen worden met logische operatoren als "gelijk aan", groter dan", "kleiner dan", etc.

### Zoeken op trefwoorden

Als men op de knop "Tekst" klikt, gaat er een venster open waar men één of meer trefwoorden kan invoeren. Na de bevestiging met "OK" gaat er een nieuw venster open met de lijst van de IC's waarvan in de beschrijvingstekst het trefwoord respectievelijk de trefwoorden voorkomen.

## Het grafisch venster

### Inleiding

Het "Grafisch venster" is reeds geïntroduceerd aan de hand van figuur 3/8.9.17-3. Toch is hier veel meer over te melden, omdat het een van de belangrijkste functies van het programma is. Dit venster geeft namelijk toegang tot de voornaamste gegevens van het geselecteerde IC. In dit venster kan men kiezen tussen:

- gegevens;
- pinning (aansluitgegevens);
- schema;
- toepassing;
- diagram.

Een schat aan gegevens, dus!

Wat echter zeer teleurstelt, is dat de ontwerpers van het programma er voor gekozen hebben al deze gegevens eenvoudigweg te scannen uit de data-sheets van de fabrikanten en als TIF-file op de CD-ROM te zetten. En dit in een lage resolutie! Hierdoor valt de kwaliteit van de weergegeven gegevens vaak tegen. Als voorbeeld zijn in figuur 3/8.9.17-10 de technische gegevens van de AD844 voorgesteld, zoals zij door het programma op de printer worden afgedrukt.

## 8.9 Software voor de ontwerper

| Model | Conditions | AD844J/A Min | AD844J/A Typ | AD844J/A Max | AD844B Min | AD844B Typ | AD844B Max | AD844S Min | AD844S Typ | AD844S Max | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| INPUT OFFSET VOLTAGE[1] | | | 50 | 300 | | 50 | 150 | | 50 | 300 | μV |
| $T_{min}$–$T_{max}$ | | | 75 | 500 | | 75 | 200 | | 125 | 500 | μV |
| vs. Temperature | | | 1 | | | 1 | 5 | | 1 | 5 | μV/°C |
| vs. Supply | 5V–18V | | | | | | | | | | |
| Initial | | | 4 | 20 | | 4 | 10 | | 4 | 20 | μV/V |
| $T_{min}$–$T_{max}$ | | | 4 | | | 4 | 10 | | 4 | 20 | μV/V |
| vs. Common Mode | $V_{CM}$ = ±10V | | | | | | | | | | |
| Initial | | | 10 | 35 | | 10 | 20 | | 10 | 35 | μV/V |
| $T_{min}$–$T_{max}$ | | | 10 | | | 10 | 20 | | 10 | 35 | μV/V |
| INPUT BIAS CURRENT | | | | | | | | | | | |
| –Input Bias Current[1] | | | 200 | 450 | | 150 | 250 | | 200 | 450 | nA |
| $T_{min}$–$T_{max}$ | | | 800 | 1500 | | 750 | 1100 | | 1900 | 2500 | nA |
| vs. Temperature | | | 9 | | | 9 | 15 | | 20 | 30 | nA/°C |
| vs. Supply | 5V–18V | | | | | | | | | | |
| Initial | | | 175 | 250 | | 175 | 200 | | 175 | 250 | nA/V |
| $T_{min}$–$T_{max}$ | | | 220 | | | 220 | 240 | | 220 | 300 | nA/V |
| vs. Common Mode | $V_{CM}$ = ±10V | | | | | | | | | | |
| Initial | | | 90 | 160 | | 90 | 110 | | 90 | 160 | nA/V |
| $T_{min}$–$T_{max}$ | | | 110 | | | 110 | 150 | | 120 | 200 | nA/V |
| +Input Bias Current[1] | | | 150 | 400 | | 100 | 200 | | 200 | 400 | nA |
| $T_{min}$–$T_{max}$ | | | 350 | 700 | | 300 | 500 | | 800 | 1300 | nA |
| vs. Temperature | | | 3 | | | 3 | 7 | | 7 | 15 | nA/°C |
| vs. Supply | 5V–18V | | | | | | | | | | |
| Initial | | | 80 | 150 | | 80 | 100 | | 80 | 150 | nA/V |
| $T_{min}$–$T_{max}$ | | | 100 | | | 100 | 120 | | 120 | 200 | nA/V |
| vs. Common Mode | $V_{CM}$ = ±10V | | | | | | | | | | |
| Initial | | | 90 | 150 | | 90 | 120 | | 90 | 150 | nA/V |
| $T_{min}$–$T_{max}$ | | | 130 | | | 130 | 190 | | 140 | 200 | nA/V |
| INPUT CHARACTERISTICS | | | | | | | | | | | |
| Input Resistance | | | | | | | | | | | |
| –Input | | | 50 | 65 | | 50 | 65 | | 50 | 65 | Ω |
| +Input | | 7 | 10 | | 7 | 10 | | 2 | 10 | | MΩ |
| Input Capacitance | | | | | | | | | | | |
| –Input | | | 2 | | | 2 | | | 2 | | pF |
| +Input | | | 2 | | | 2 | | | 2 | | pF |
| Input Voltage Range | | | | | | | | | | | |
| Common Mode | | ±10 | | | ±10 | | | ±10 | | | V |
| INPUT VOLTAGE NOISE | f≥1kHz | | 2 | | | 2 | | | 2 | | nV/√Hz |
| INPUT CURRENT NOISE | | | | | | | | | | | |
| –Input | f≥1kHz | | 10 | | | 10 | | | 10 | | pA/√Hz |
| +Input | f≥1kHz | | 12 | | | 12 | | | 12 | | pA/√Hz |
| OPEN LOOP TRANSRESISTANCE | $V_{OUT}$ = ±10V | | | | | | | | | | |
| | $R_{LOAD}$ = 500Ω | 2.2 | 3.0 | | 2.8 | 3.0 | | 2.2 | 3.0 | | MΩ |
| $T_{min}$–$T_{max}$ | | 1.3 | 2.0 | | 1.6 | 2.0 | | 1.3 | 1.6 | | MΩ |
| Transcapacitance | | | 4.5 | | | 4.5 | | | 4.5 | | pF |
| DIFFERENTIAL GAIN ERROR[3] | f=4.4MHz | | 0.03 | | | 0.03 | | | 0.03 | | % |
| DIFFERENTIAL PHASE ERROR[3] | f=4.4MHz | | 0.15 | | | 0.15 | | | 0.15 | | Degree |
| FREQUENCY RESPONSE | | | | | | | | | | | |
| Small Signal Bandwidth | | | | | | | | | | | |
| [4]Gain = –1 | | | 60 | | | 60 | | | 60 | | MHz |
| [4]Gain = –10 | | | 33 | | | 33 | | | 33 | | MHz |
| TOTAL HARMONIC DISTORTION | f=100kHz, 2V rms[3] | | 0.005 | | | 0.005 | | | 0.005 | | % |

**Figuur 3/8.9.17-10:** De teleurstellende kwaliteit van de print-out van de technische gegevens.

Wat bovendien ook niet zou mogen voorkomen is dat sommige scans schots en scheef zijn gemaakt en als dusdanig op de CD-ROM zijn gezet. Bovendien zou in een programma dat Nederlandstalig te installeren is een venstertje met de tekst "Einer oder mehrere der angegeben Ränder liegt außerhalb des druckbaren Seitenbereichs. Angegebene Ränder beibehalten?" niet mogen voorkomen!

## Nadere gegevens

De CD-ROM "de Elektuur IC databank" is te bestellen bij:
Uitgeverij Segment BV - Elektuur
Postbus 75
6190 AB Beek
Of via de Internet-site www.elektuur.nl

## 8.9 Software voor de ontwerper

# 3/8.9.18 WWW.ZOEKELEKTRONICA.NL

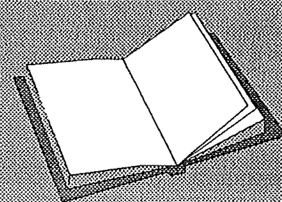
## Inleiding

**Zoeken op het Internet is ook niet alles!**
Men zegt tegenwoordig dat via het Internet alles op een snelle en efficiënte manier opgezocht kan worden. Dat dit in de praktijk lang niet altijd waar is, bewijst het volgende praktijkvoorbeeld. Een zelfbouwer herinnert zich dat hij ooit membraanschakelaartjes van fabrikant Velleman heeft toegepast en wil deze handige onderdeeltjes weer gaan gebruiken. Verdere gegevens over deze fabrikant zijn echter niet meer te vinden. Dan maar via het Internet zoeken?
Rechtstreeks intoetsen van WWW.VELLEMAN.COM, .NL of .BE in de Internetbrowser heeft geen resultaten. De ene site is "under construction", de volgende is van een onduidelijke instantie en de Belgische is van de bekende gelijknamige kit-fabrikant.

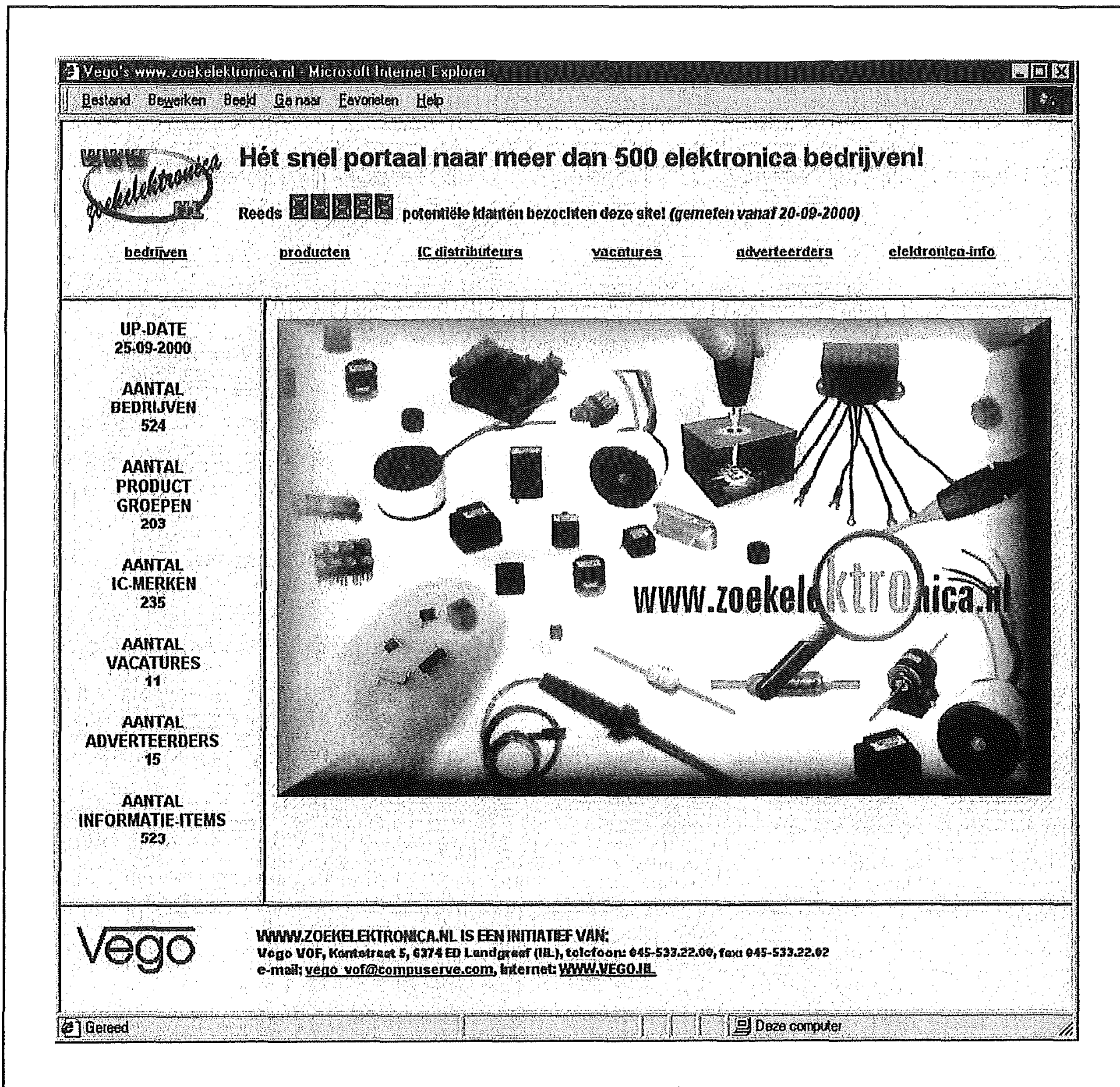
**Dat maar ILSE.NL**
Dan dus maar zoeken met een van de bekendste Nederlandstalige zoekmachines: WWW.ILSE.NL. Het invoegen van de zoekterm "Velleman" levert 82 hit's op, die uiteraard mondjesmaat met tien tegelijk worden geopend en ongevraagd vergezeld gaan van een heleboel knipperende geanimeerde advertenties voor van alles en nog wat. Na tientallen verwijzingen naar een bepaalde rijschool en een groot bedrijf dat groenten en fruit importeert besluit de getergde doe-het-zelver de zoek-actie af te breken. Dan dus maar gaan zoeken op "Membraanschakelaar". Ook dit woord kent Ilse, maar bij de zes hit's zit er niets bruikbaars. Tot slot dan maar zoeken op "Schakelaars". Zoals te verwachten levert dit een niet te overziene hoeveelheid hit's op, 609 om precies te zijn. Men moet dus meer dan 60 pagina's doorworstelen om alle verwijzingen te bekijken!
Kortom, wie efficiënt en snel iets op elektronica-gebied wil opzoeken kan de standaard zoekmachines maar beter links laten liggen.

**Nu is er een alternatief**
Uit de zojuist geschetste lijdensweg is een uniek alternatief tot stand gekomen: WWW.ZOEKELEKTRONICA.NL.

**LEES OOK:**
Hoofdstuk 3/8.9.11



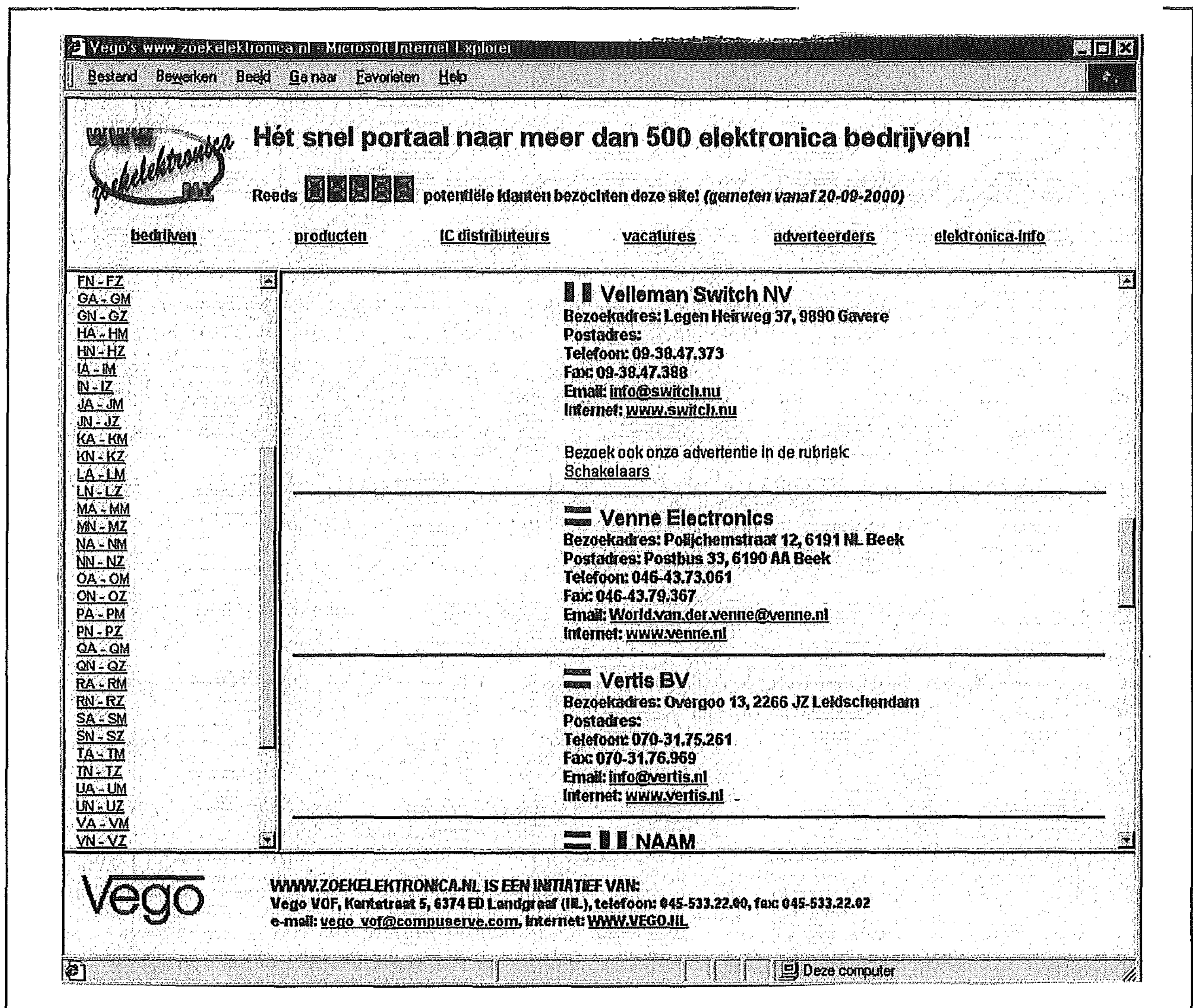
**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.18-1:** De home-page van WWW.ZOEKELEKTRONICA.NL.

Opgezet door het Landgraafse bedrijf Vego VOF en ontstaan uit frustratie over hoe de standaard zoekmachines te werk gaan. WWW.ZOEKELEKTRONICA.NL beweert “Hét snel portaal naar meer dan 500 elektronica bedrijven” te zijn.
De site wil een op de Nederlandse en Vlaamse elektronica-industrie gespecialiseerde database worden, waarin bedrijf-, product-, distributeur-, vacature- en informatie-gegevens supersnel gevonden kunnen worden.
De site is op 1 oktober 2000 het Internet opgegaan en bevatte op dat moment de gegevens van iets meer dan 400 elektronica-bedrijven. Uiteraard is het de bedoeling dat er veel meer aanmeldingen komen.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.18-2:** Het alfabetisch zoeken naar de gegevens van bedrijven.

## De opzet van de site

Het systeem van de site is erg eenvoudig, maar goed doordacht opgezet.
Vanuit de home-page, geschetst in figuur 3/8.9.18-1, kan men met één klik op de muisknop onmiddellijk naar een van de zes onderdelen van de site surfen:
- bedrijven;
- producten;
- IC-distributeurs;
- vacatures;
- adverteerders;
- elektronica-info.

Na een tweede klik van de muis komt men reeds terecht in het onderdeel waarin men wil zoeken. Nadien volstaat één scroll om bij de gezochte gegevens te komen.
De site is frame-georiënteerd en bevat vier frames. Het bovenste en onderste frame blijven constant, de zoek-acties vinden plaats in de twee middelste frames. Hierbij wordt het kleine linker frame gebruikt als aanklik-frame en het grote rechter als resultatenframe.

# Zoeken naar bedrijven

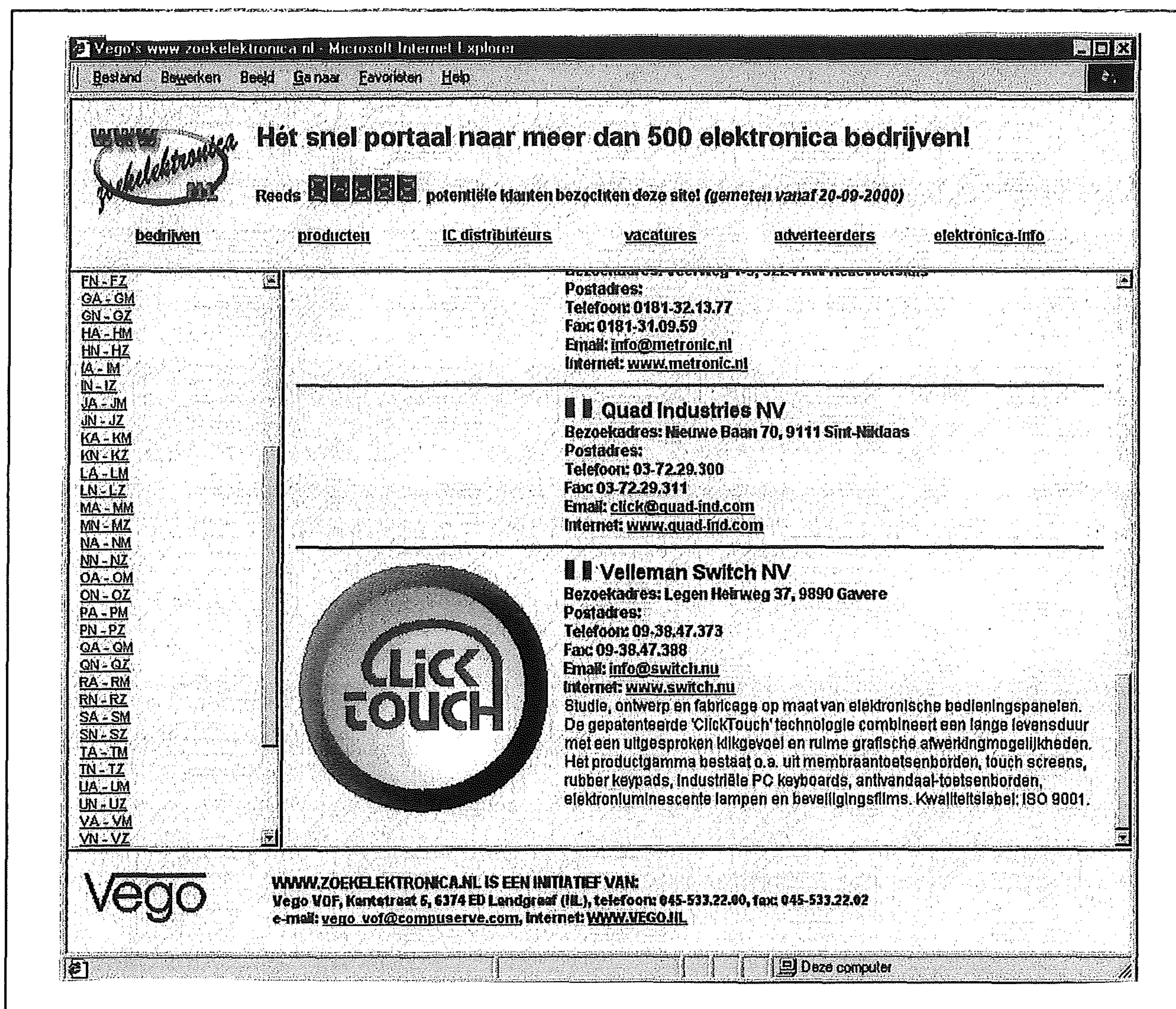
**Alfabetisch in 53 categorieën**
Zoals reeds geschreven bevatte de site bij de opening op 1 oktober de gegevens iets meer dan 400 bedrijven. Het is uiteraard de bedoeling dat dit aantal flink wordt uitgebreid! De basis-gegevens van de bedrijven worden gratis opgenomen. Daarnaast kan ieder bedrijf voor *f* 250,00 één jaar lang adverteren, waarbij de gratis basisgegevens worden uitgebreid met een logo en een tekstje van ongeveer 100 woorden. Omdat de site sprankelnieuw is hebben de meeste bedrijven een afwachtende houding aangenomen: er wordt nog niet veel geadverteerd.
Na het aanklikken van de knop "bedrijven" in het bovenste frame verschijnt in het kleine linker frame een alfabetische lijst.
Ieder letter van het alfabet is in twee delen gesplitst, bijvoorbeeld:
- KA - KM;
- KN - KZ;

zodat er niet te veel bedrijven in één keer worden geladen. Na het aanklikken van een van deze alfabetische categorieën verschijnen alle ingevoerde bedrijven waarvan de beginletters in de geselecteerde categorie liggen in het rechter frame, zie figuur 3/8.9.18-2.
De in het begin van dit hoofdstuk opgevoerde getergde hobbyist zou dus, na het aanklikken van de categorie "VA - VM" onmiddellijk de bedrijfsgegevens van "Velleman Switch NV" in beeld krijgen! Opmerkelijk is dat alle bedrijven van de categorie in één keer geladen worden. Géén gedoe dus met x-tig pagina's die ieder maar tien bedrijven bevatten. Omdat de volledige site handmatig wordt onderhouden is het ook uitgesloten dat bedrijven meerdere malen in een lijst verschijnen.
Handig is dat de naam van ieder bedrijf wordt voorafgegaan door een klein Belgisch of Nederlands vlaggetje. Iemand die alleen geïnteresseerd is in Belgische bedrijven kan dus zonder te hoeven lezen alle Nederlandse bedrijven overslaan.
Ook handig is dat de bedrijfsgegevens op een volstrekt gestandaardiseerde manier zijn ingevoerd en dat ook het e-mail adres en de Internet URL vermeld worden. Men kan dus vanuit de site e-mailtjes versturen naar de bedrijven of de Internet-site even bekijken.
Deze wordt overigens in een eigen venster geopend, zodat men het venster van WWW.ZOEKELEKTRONICA.NL niet kwijt raakt en snel een volgend bedrijf kan aanklikken. Spaart aanzienlijk op de ladings- en dus zoektijden!

# Zoeken naar producten

**Meer dan 200 product-groepen**
Klikken op de knop "producten" in het bovenste venster plaatst in het linker venster een alfabetisch lijstje van meer dan 200 producten. Omdat de site door elektronici is opgezet zijn dat voor iedere elektronicus zeer zinvolle en gedetailleerde groepen. De lijst is te lang om hier te vermelden, maar gaat van "aardlek schakelaars" tot en met "zonnecel installaties". Het aanklikken van een van deze groepen opent in het rechter venster een lijstje met alle bedrijven die zich voor deze groep hebben aangemeld. De nu al iets minder getergde doe-het-zelver zou dus op "schakelaars" kunnen klikken en zou in het rechter frame na één scroll het gezochte bedrijf vinden, zie figuur 3/8.9.18-3.

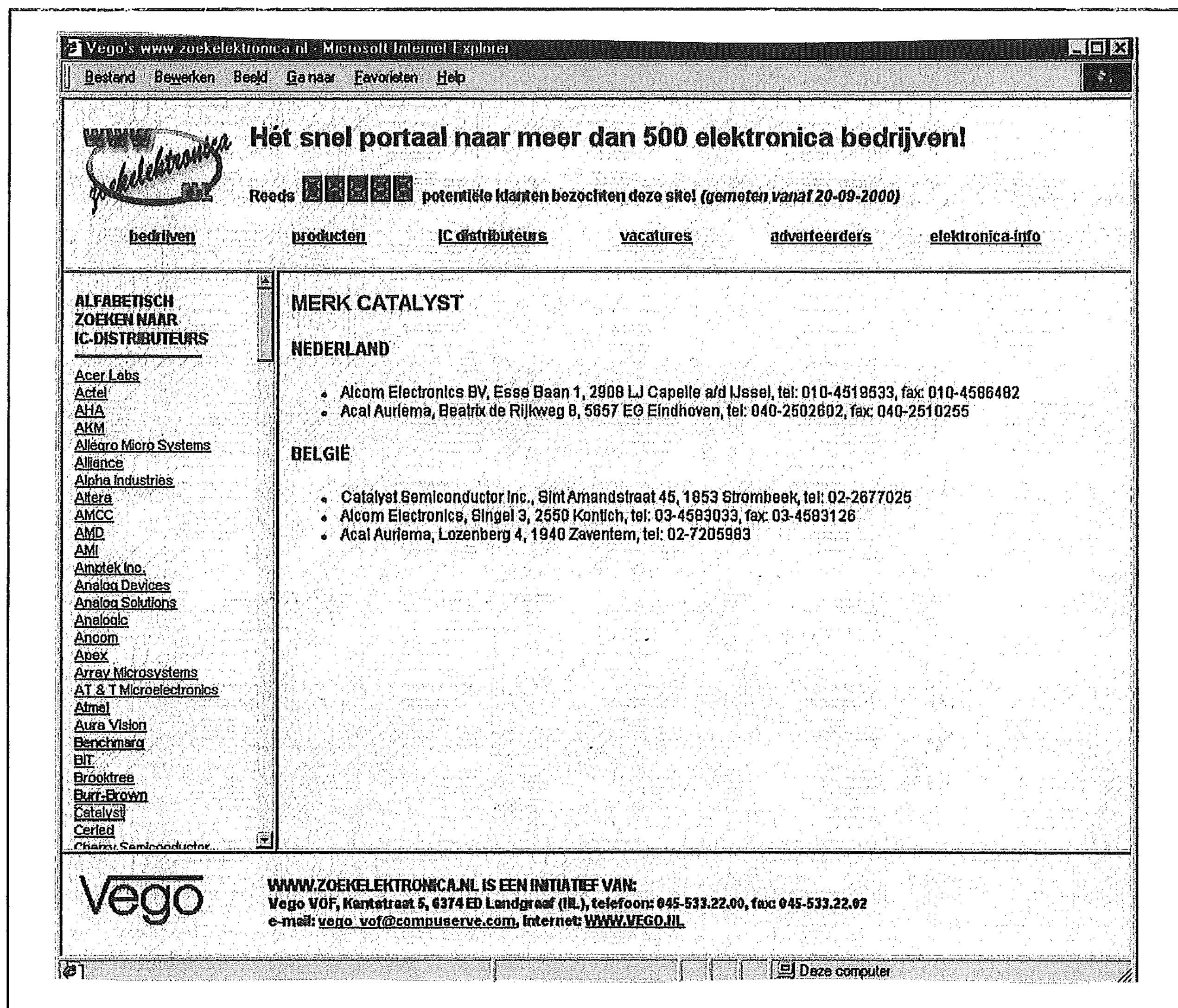
**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.18-3:** Het zoeken naar leveranciers van een bepaald product gaat razend snel!

**Doorverwijzing van advertenties**

Het als voorbeeld behandelde bedrijf "Velleman Switch NV" adverteert blijkbaar op de site. Omdat bedrijven uiteraard in diverse productgroepen aanwezig zijn en niet in al deze groepen willen adverteren, is een doorklik-systeem ontwikkeld. Zoals uit figuur 3/8.9.18-2 blijkt, wordt bij de naamsvermelding van "Velleman Switch NV", de opmerking *"Bezoek ook onze advertentie in de rubriek Schakelaars"* vermeld. Wie hierop klikt, krijgt onmiddellijk de advertentie van het betreffende bedrijf in beeld.




**Figuur 3/8.9.18-4:** Het zoeken naar Nederlandse en Belgische IC-distributeurs.

# Zoeken naar IC-distributeurs

## Van "Acer Labs" tot en met "Zymos"

Er zijn honderden IC-fabrikanten in de wereld, waarvan de meeste in de meeste landen minstens één officiële distributeur hebben aangesteld. Die distributeurs kunnen niet alleen de chip's leveren of bij de fabriek bestellen, maar kunnen de ontwerper (als het goed is) ook van alle noodzakelijke technische support voorzien. Maar wie is bijvoorbeeld de Belgische of Nederlandse distributeur van een vrij onbekend IC-merk als "Catalyst"? Het derde onderdeel van WWW.ZOEKELEKTRONICA.NL geeft snel antwoord op dergelijke vragen. De samenstellers van de site hebben de officiële Belgische en Nederlandse distributeurs verzameld van niet minder dan 234 IC-merken, van "Acer Labs" tot en met "Zymos".

**De werkwijze**
Die zal inmiddels bekend in de oren klinken.
Na druk op de knop "IC-distributeurs" in het bovenste frame verschijnt in het linker frame de lijst met alle IC-merken. Klikt men op een merk dan verschijnt in het rechter frame een pagina met een overzicht van de distributeurs, zie figuur 3/8.9.18-4.
De opzet van deze pagina is iets anders, er worden alleen adresgegevens en telefoonnummer en fax vermeld. Dit heeft simpelweg te maken met het praktische feit dat (helaas) lang niet alle distributeurs bereid waren aan WWW.ZOEKELEKTRONICA.NL op de standaard manier mee te werken. Misschien gebeurt dit in de toekomst wél en dan zullen de bedrijfsgegevens op de standaard manier, dus met e-mail en URL, vermeld worden.

## Zoeken naar vacatures

**Overspannen arbeidsmarkt**
De West-Europese arbeidsmarkt is, het is algemeen bekend, tamelijk overspannen. Zeker op technisch gebied is het erg moeilijk om goed opgeleide krachten te vinden. WWW.ZOEKELEKTRONICA.NL biedt elektronica-bedrijven in België en Nederland de kans om op een wel héél goedkope manier vacatures onder de aandacht van de elektronica-gemeenschap te brengen.
Voor *f* 250,00 wordt namelijk een personeelsadvertentie één maand lang op de site opgenomen. Het aanmelden kan via de site zélf. Het zal duidelijk zijn dat de exploitanten van de site hiermee proberen het bezoekersaantal van de site te vergroten.

**Per provincie**
Na het aanklikken van de knop "vacatures" in het bovenste frame verschijnt in het linker frame een lijstje van de Vlaamse en Nederlandse provincies, zie figuur 3/8.9.18-5. De vacatures zijn zeer overzichtelijk opgesteld, met:
- datum;
- standplaats;
- bedrijfsgegevens;
- contactpersoon;
- bedrijfsprofiel;
- functieprofiel.

Helaas waren bij de opening op 1 oktober nog maar weinig vacatures aangemeld. De exploitanten verwachten dat, naarmate de site bekender wordt en dus vaker bezocht, dat aantal flink zal stijgen.

## Zoeken naar adverteerders

**Extra aandacht**
Om de adverteerders ter wille te zijn is als vijfde optie de mogelijkheid ingebouwd een snel overzicht te krijgen van alle bedrijven die op de site adverteren. Klikt men op de knop "adverteerders", dan verschijnt links een alfabetische lijst met alle adverterende bedrijven. Klikt men op de naam van een bedrijf, dan wordt in het rechter frame de advertentie geopend, zie figuur 3/8.9.18-6.

## Elektronica-info

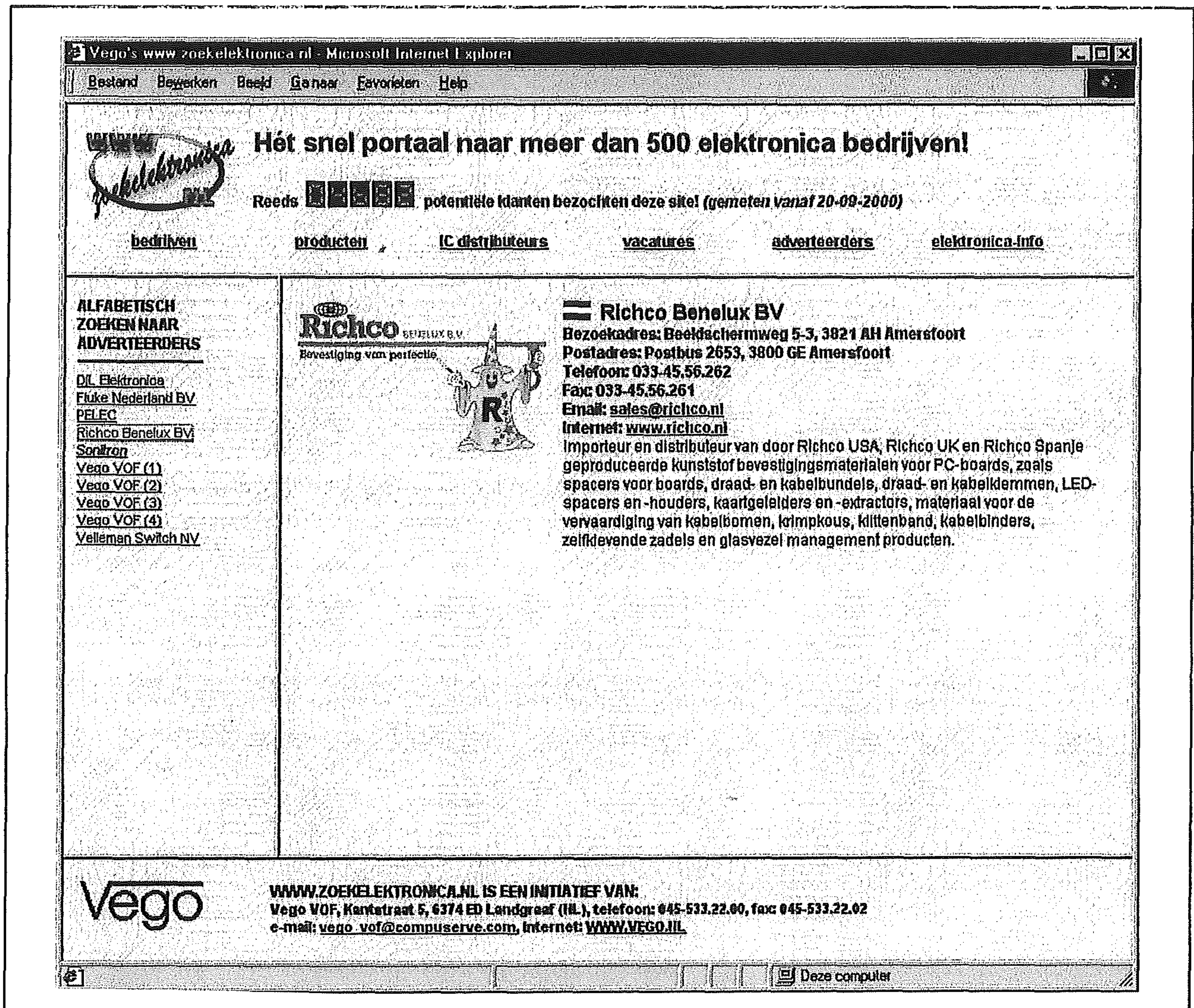
**Meer dan 500 informatie-items**
De kreet "content" is in. Hiermee bedoeld men dat een goede Internet-site niet al-

leen iets te koop moet aanbieden, of simpelweg wat bedrijfsgegevens moet vermelden, maar dat deze site ook informatie moet bieden. Met de laatste optie "elektronica-info" haken de samenstellers van WWW.ZOEKELEKTRONICA.NL in op deze tendens. Deze optie geeft rechtstreeks toegang tot de Nederlandstalige elektronica-informatie database die aanwezig is op de zuster-site WWW.VEGO.NL.



**Figuur 3/8.9.18-5:** De vierde optie geeft een gemakkelijke toegang tot alle ingevoerde vacatures per provincie.

## 8.9 Software voor de ontwerper




**Figuur 3/8.9.18-6:** De optie "adverteerders" maakt het voor bedrijven extra aantrekkelijk om op deze site te adverteren.

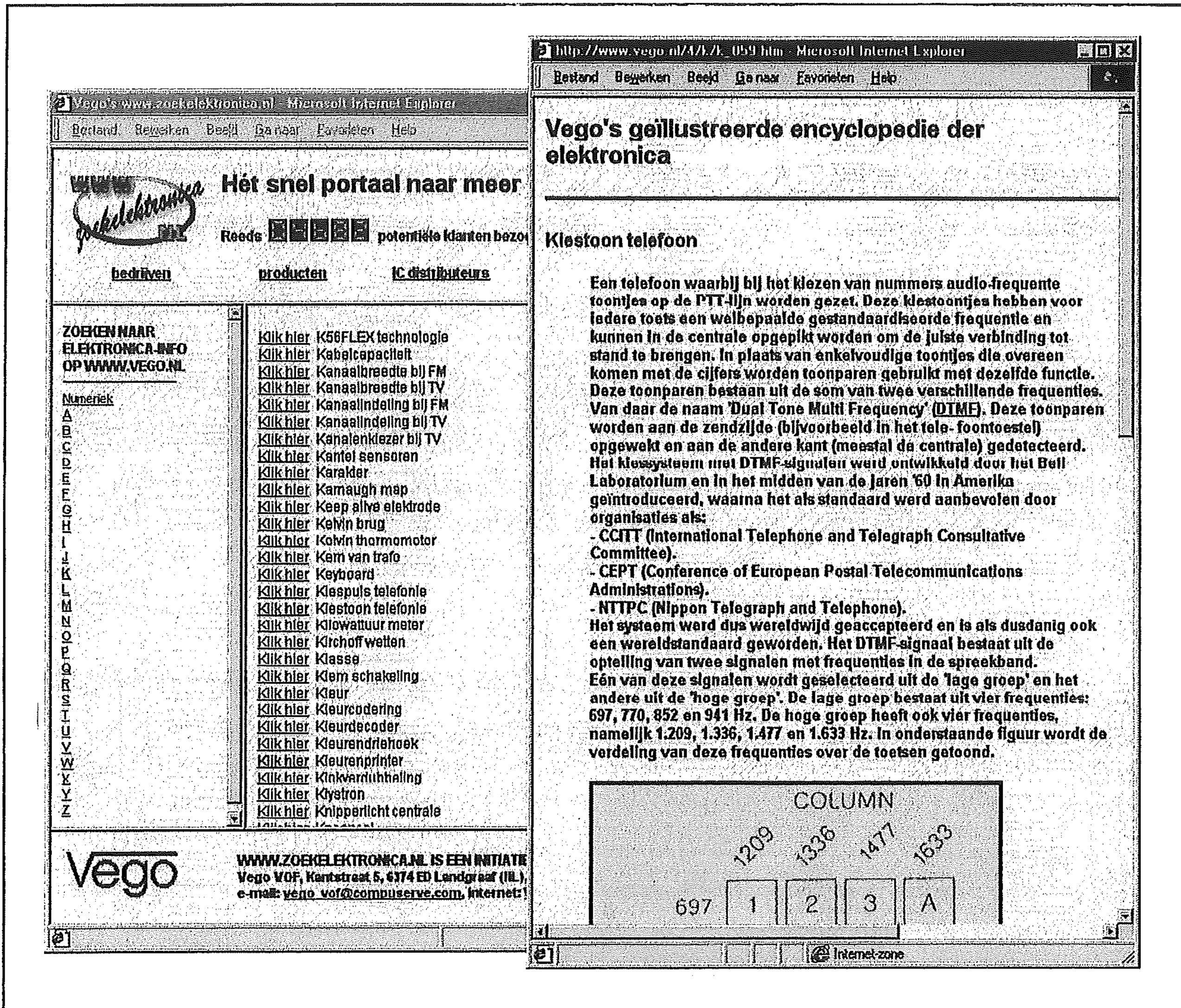
### Werkwijze

Klikt men deze laatste optie in het bovenste frame aan, dan verschijnt in het linker frame weer een alfabetische lijst. Aanklikken van een letter zet in het rechter frame alle informatie-items die met deze letter beginnen in beeld, zie figuur 3/8.9.18-7. Klikt men op de tekst "Klik hier", dan wordt contact gezocht met WWW.VEGO.NL en het betreffende informatie-item in een eigen Internet-venster geopend.

### Meer dan 500 items

Bij het op het net verschijnen van WWW.ZOEKELEKTRONICA.NL bevatte deze extra optie reeds meer dan 500 informatie-items, van "2Nxxx transistoren" tot en met "Zonnecellen". Hoewel lang niet alle items even interessant zijn, is dit toch een leuke uitbreiding van deze site!

## 8.9 Software voor de ontwerper




**Figuur 3/8.9.18-7:** De werking van de laatste optie “elektronica-info” in beeld!

# 3/8.9.19

# www.datasheetlocator.com, snel vinden van datasheets's op het Internet

## Inleiding

Het zoeken naar de gegevens van elektronische onderdelen is een typisch klusje waar men het Internet voor kan inschakelen. Alle componentenfabrikanten hebben immers tegenwoordig een site en alle fabrikanten bieden de datasheets van hun producten onder de vorm van PDF-files aan. Toch is het soms nog een heel gedoe om snel de gegevens van een bepaald onderdeel te vinden. Wat is de URL van de fabrikant? Hoe werkt het zoeksysteem op de site?

Het Amerikaanse bedrijf NetComponents heeft het initiatief genomen een Internet-site te ontwerpen, waar rechtstreekse links staan naar de zoeksystemen van zoveel mogelijk elektronica onderdelen fabrikanten. Als de betreffende site niet met een eigen zoeksysteem werkt, dan wordt er een link gelegd naar de home-page van de desbetreffende fabrikant.

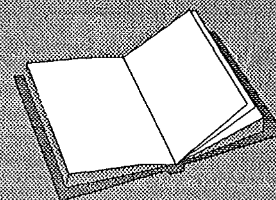
## WWW.DATASHEETLOCATOR.COM

De site heet toepasselijk www.datasheetlocator.com en hoewel het een Amerikaanse site is worden de introductiepagina's aangeboden in niet minder dan 12 talen, waaronder het Nederlands. Via www.datasheetlocator.com/nl komt men onmiddellijk op de Nederlandse openingspagina, voorgesteld in figuur 3/8.9.19-1.

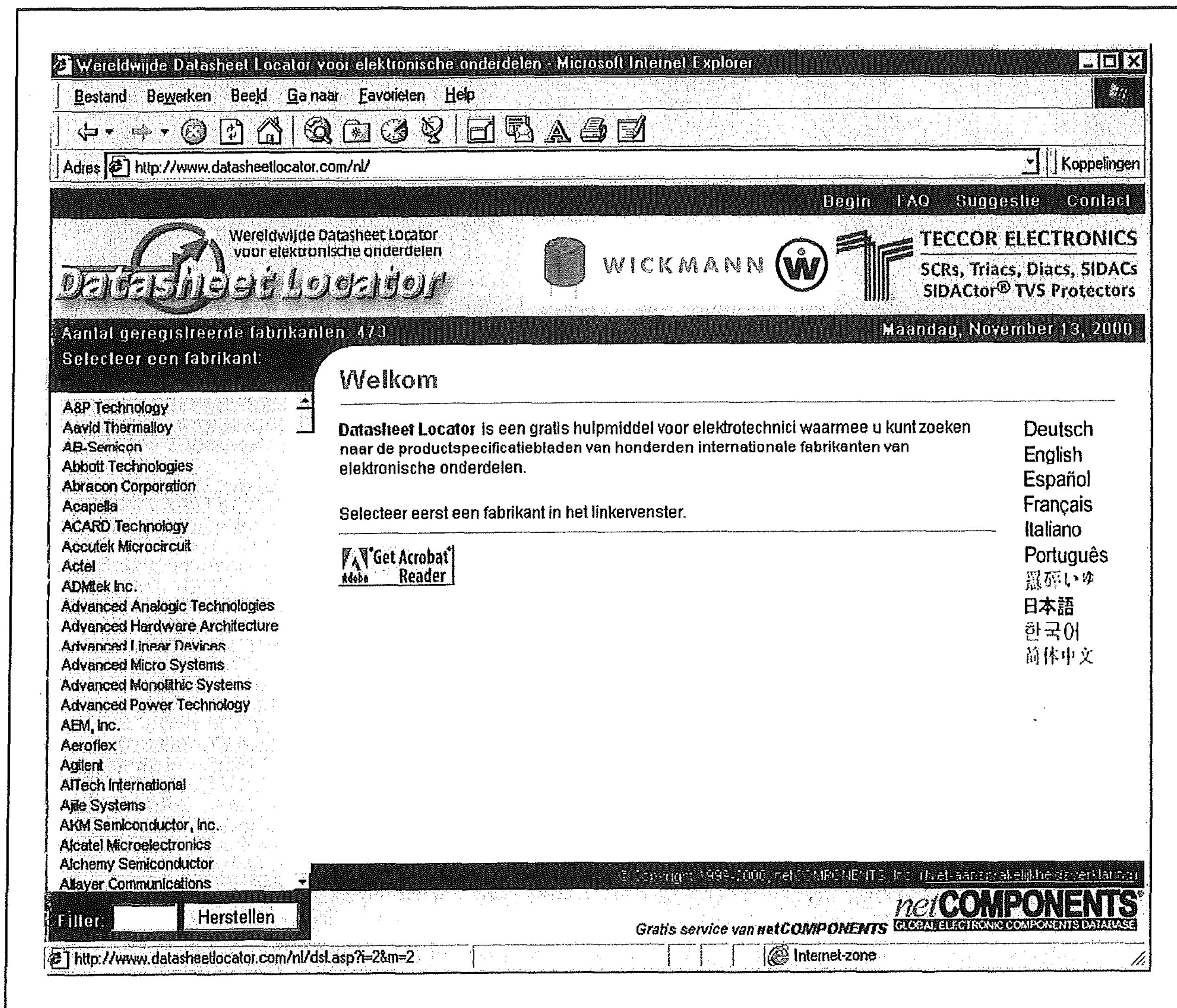
## Uitgebreide site

De samensteller van deze site, NetComponents, is een van de grootste Amerikaanse on-line leveranciers van elektronische onderdelen. Het zal dan ook geen verbazing wekken dat de immense bedrijfservaring in de site is verwerkt. Dat levert indrukwekkende cijfers op. Men biedt koppelingen aan naar niet minder dan 31 miljoen datasheets van elektronische onderdelen, gefabriceerd door 473 fabrikanten. Dat zijn overigens niet alleen IC-fabrikanten, ook passieve onderdelen en sensoren zijn goed vertegenwoordigd. De site trekt gemiddeld 775.000 bezoekers per maand en het zal dan ook geen verbazing wekken dat er driftig geadverteerd wordt. Gelukkig hebben de samenstellers van de site blijkbaar strikte regels geformuleerd waaraan advertenties moeten voldoen.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/8.9.11
Hoofdstuk 3/8.9.18



**8.9 Sotfware voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.19-1:** De home-page van de Nederlandstalige sectie van de Datasheetlocator.

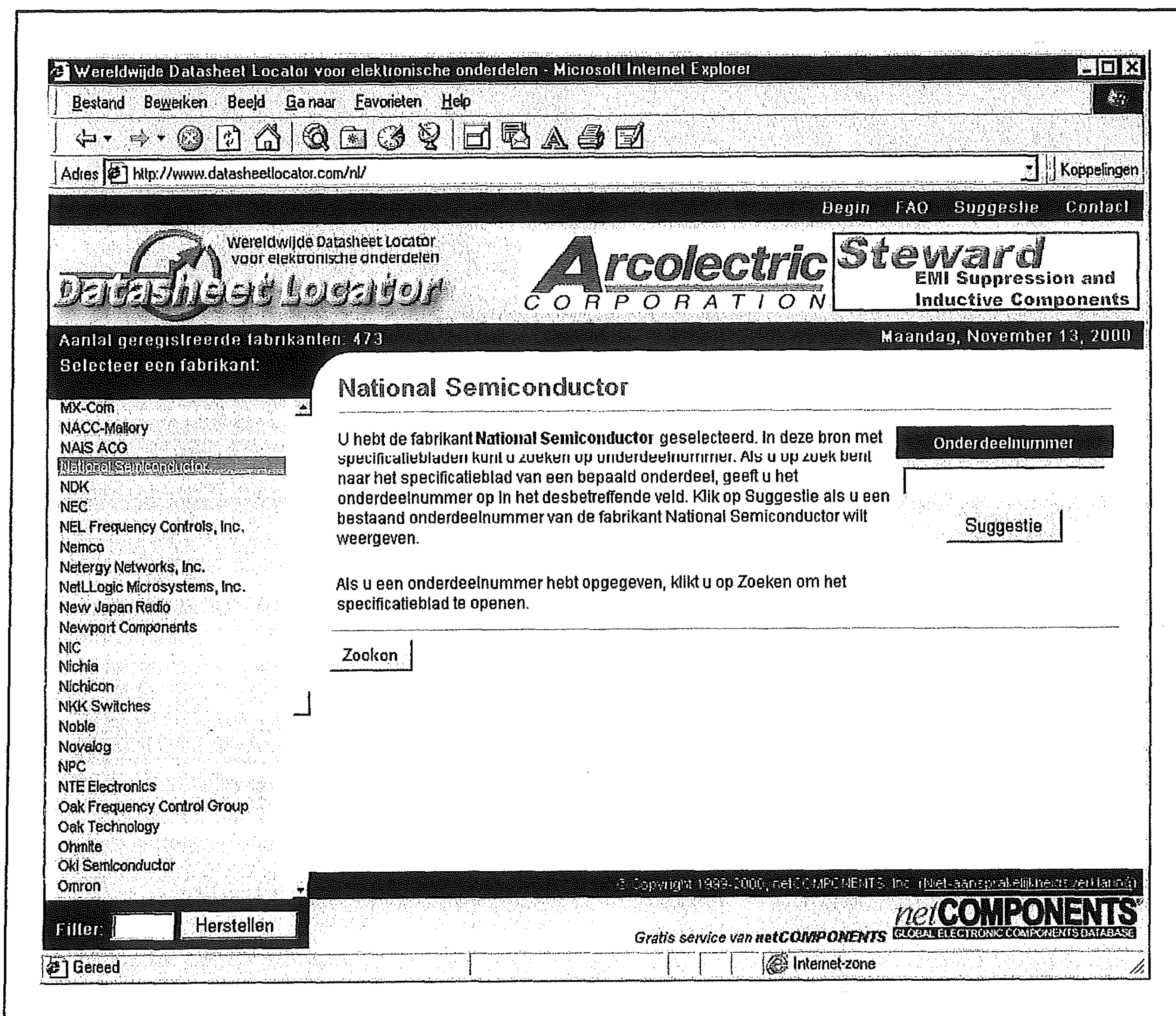
In feite worden de advertenties alleen maar voorgesteld in twee kleine frames aan de bovenzijde van het venster en zijn absoluut niet storend.

**Een voorbeeld: de LM34**

Het werken met de site is uiterst eenvoudig. Voorwaarde om te zoeken is wél dat men de fabrikant kent van het onderdeel waarvan men de gegevens zoekt. Als voorbeeld wordt het zoeken naar de gegevens van de LM34 besproken, een temperatuursensor van NatSemi.

Het volstaat, zie figuur 3/8.9.19-2, om in het linker frame naar de naam van de fabrikant te scrollen. In het filtervakje, onderaan in dit frame, kan men een lettercombinatie intoetsen. Nadien worden alleen die fabrikanten waarvan de naam begint met de geselecteerde letters in het frame gezet. Na druk op de toets "Herstellen" krijgt men weer het volledig lijstje met 473 fabrikanten in beeld.
In het rechter frame verschijnt nu een invulvenstertje, waarin men de code van het onderdeel kan invoeren.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.19-2:** Het zoeken naar de specificaties van de LM34 van NatSemi.

In dit geval wordt dus LM34 ingegeven.

**Naar de NatSemi-site**

Onmiddellijk wordt contact gezocht met de site van NatSemi en verschijnt in het venster die pagina op de NatSemi-site, waar de gegevens van de LM34 worden aangeboden, zie figuur 3/8.9.19-3.
Zoals reeds geschreven werkt dit gemakkelijke systeem alleen als de betreffende site over een zoeksysteem beschikt. Op de een of andere manier wordt de zoekstring dan doorgegeven en onmiddellijk verwerkt door de fabrikanten-site. Heeft deze site géén zoeksysteem, dan wordt in het rechter venster de home-page van de fabrikant geopend en moet men deze site handmatig gaan doorzoeken naar de gegevens van het onderdeel.

## 8.9 Sotfware voor de ontwerper

Wereldwijde Datasheet Locator voor elektronische onderdelen - Microsoft Internet Explorer

Bestand Bewerken Beeld Ga naar Favorieten Help

Adres http://www.datasheetlocator.com/nl/ Koppelingen

Begin FAQ Suggestie Contact

Wereldwijde Datasheet Locator voor elektronische onderdelen

Datasheet Locator

Arcolectric CORPORATION

Steward EMI Suppression and Inductive Components

Terug naar Datasheet Locator netCOMPONENTS

National Semiconductor

Design Purchasing Quality Company Jobs

Main Search

lm34 Search

lm34 Order parts

Jump List: Product Folders Other Technical Information Application Notes Obsolescence Company Information & Press Releases

Product Folders

LM34 Precision Fahrenheit Temperature Sensor Datasheet

| Package Type | Operating Temperature Range | Sensor Gain (Tmin to Tmax) | Supply Voltage Range | Quiesent Current (mA) | Min. Accuracy | Max. Accuracy | Temp. Resolution |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SOIC NARROW,TO 92 | +32 to +212 Deg F,-40 to +230 Deg F | 10 mV/Deg F | +5V to +30V | .1590,.1420 | -4 Deg F,-3 Deg F | +4 Deg F,+3 Deg F | - |

**The LM34 is contained in the following system diagrams:**

Carbon Monoxide Detector Diagram - Temp Sensor Block

Series 3-Terminal Positive Regulators Datasheet

Internet-zone

**Figuur 3/8.9.19-3:** Even later zit men op de NatSemi-site en wel rechtstreeks op de pagina waar de gegevens van de LM34 worden aangeboden.

# 3/8.9.20

# www.vego.nl/hobby, dé site van “HE&IC”

**Inleiding**
Ieder modern tijdschrift of bijdehandse publicatie heeft tegenwoordig een eigen Internet-site waarop de abonnees aanvullende diensten kunnen vinden. De nieuwe uitgever van “Hobby Elektronica & Actueel IC-handboek” (laten we dat maar afkorten tot “HE&IC”) heeft de reeds bestaande download-pagina voor de printontwerpen van het oude “Hobby Elektronica” omgevormd tot een échte en volwaardige site.
Die site, www.vego.nl/hobby, is voor iedere abonnee op “HE&IC” zonder meer een regelmatig bezoekje waard. De uitgever gaat er waarschijnlijk terecht van uit dat de meeste abonnees toegang tot het Internet hebben.

**De openingspagina**
De site is opgezet met frames, wat tegenwoordig geen bezwaar mag wezen. De volledige site is in standaard HTML geprogrammeerd, zodat alle browswers en alle platformen er raad mee weten.
De site is voorgesteld in figuur 3/8.9.20-1. In het smalle linker frame staan de menuopties, in het brede rechter frame verschijnt de inhoud van de selectie.

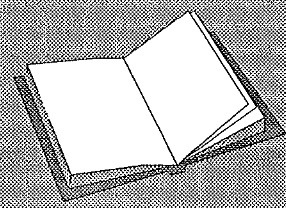
**Openingspagina**
Deze eerste selectie is voor u, lezer(es), niet interessant. Hiermee probeert de uitgever nieuwe abonnees te werven.

**AANVULLING xxx**
Deze optie opent de elektronische versie van de “uitleveringsbrief” die bij elke aanvulling wordt geleverd. Met andere woorden, een korte beschrijving van de hoofdstukken die in de meest recente aanvulling zijn verschenen.

**ABONNEREN!**
Via deze optie kan men zich on-line aanmelden als nieuwe abonnee.

**Uw wens toptien**
Ga naar deze optie en doe er wat mee! Hier kan iedere lezer(es) van “HE&IC” tien onderwerpen invullen die hij of zij graag in dit naslagwerk beschreven ziet, zie figuur 3/8.9.20-2. De redactie schrijft “HE&IC” immers voor de abonnees! Het grote probleem is dat er weinig respons van de abonnees komt en de redactie bij lange na niet weet welke onderwerpen in de smaak vallen en gewenst zijn.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/8.9.11
Hoofdstuk 3/8.9.18



## 8.9 Software voor de ontwerper




**Figuur 3/8.9.20-1:** De openingspagina van de "HE&IC"-site.

Met dit vrij uniek initiatief wil de redactie die situatie veranderen. Maak er dus gebruik van en overstroom onze elektronische postbus met "Wens toptien" formuliertjes! De redactie zal er, in de mate van het mogelijke, rekening mee houden bij de samenstelling van de volgende aanvullingen.

### Algemene inhoud

Hier is de volledige inhoud van "HE&IC" samengebracht, van het allereerste basiswerk tot en met de meest recente aanvulling. De bezoeker kan doorklikken in de boomstructuur tot uiteindelijk de hoofdstukinvulling in beeld komt, zie figuur 3/8.9.20-3. De twee cursieve cijfers tussen de haakjes bij ieder hoofdstuk geven het aanvullingsnummer waarin het hoofdstuk is verschenen en het aantal pagina's van het hoofdstuk. Dit laatste is belangrijk om te weten als u gebruik maakt van onze service "Bestellen hoofdstukken", zie later.

## 8.9 Software voor de ontwerper

### Hobby Elektronica & Actueel IC-handboek

#### Inhoud deel 3/2: De natuurkundige basis van de elektronica

De getallen tussen haakjes geven respectievelijk het aanvullingsnummer waarin het hoofdstuk is verschenen en het aantal pagina's.



**Klik hier ... en ga terug naar de hoofdinhoud**
**Klik hier ... en ga naar de bestelpagina voor losse hoofdstukken**

**Klik hier ... en ga naar de home-page van 'Hobby Elektronica & Actueel IC-handboek'**

**Figuur 3/8.9.20-3:** Via de optie "Algemene inhoud" krijgt u toegang tot alle verschenen hoofdstukken.

Hobby Elektronica & Actueel IC-handboek

Uw wens toptien voor 'Hobby Elektronica & IC-handboek'

Wij, de redactie van 'Hobby Elektronica & IC-handboek', **schrijven dit naslagwerk voor u!**
Laat ons dus weten over welke onderwerpen u hoofdstukken in 'Hobby Elektronica & IC-handboek' wilt zien verschijnen!
Vul onderstaand formulier in. Schrijf in ieder tekstvakje een onderwerp dat uw interesse heeft. Uiteraard doet u dat in volgorde van voorkeur, dus in het eerste vakje vult u het onderwerp in dat u het meest interesseert, etc.
Wij zullen, in de mate van het mogelijke, met uw voorkeur rekening houden bij het samenstellen van de volgende aanvullingen van uw en ons naslagwerk!

Onderwerp nummer 1:

Onderwerp nummer 2:

Onderwerp nummer 3:

Onderwerp nummer 4:

Onderwerp nummer 5:

Onderwerp nummer 6:

Onderwerp nummer 7:

**Figuur 3/8.9.20-2:** Het formuliertje van de optie "Uw wens toptien".

### De auteur

Een korte kennismaking met de hoofdauteur en eindredacteur van uw naslagwerk.

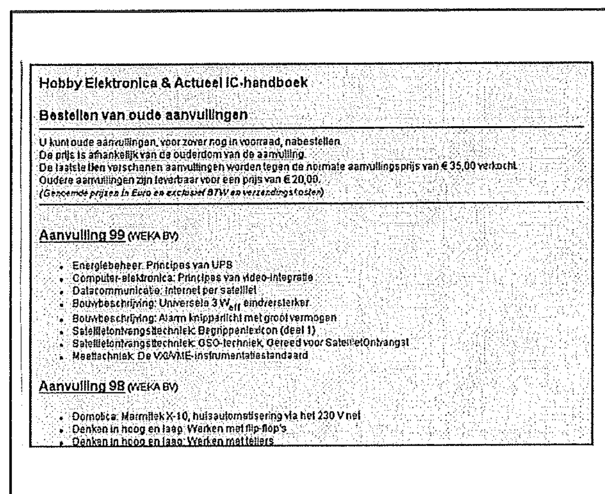
### Bestellen aanvullingen

Van vrijwel alle aanvullingen zijn nog exemplaren aanwezig in het magazijn. Deze kunnen via deze optie worden nabesteld. U krijgt een totaaloverzicht van de hoofdstukken die in alle aanvullingen zijn verschenen, zie figuur 3/8.9.20-4, en u kunt met één klik van de muis naar een bestelformuliertje.

### Bestellen hoofdstukken

Wij kunnen ons voorstellen dat er interesse bestaat voor de nalevering van losse hoofdstukken. Als u bijvoorbeeld een

werkstuk moet maken over het meten van faseverschuivingen, dan is het handig om hoofdstuk 3/8.1.11 bij de hand te hebben. Welnu, u kunt via deze optie van de "HE&IC"-site dergelijk losse hoofdstukken nabestellen. U ontvangt uiteraard kopieën, die tot een mooie brochure zijn verwerkt. Via de optie "Algemene inhoud" krijgt u toegang tot het bestelformulier voor losse hoofdstukken.

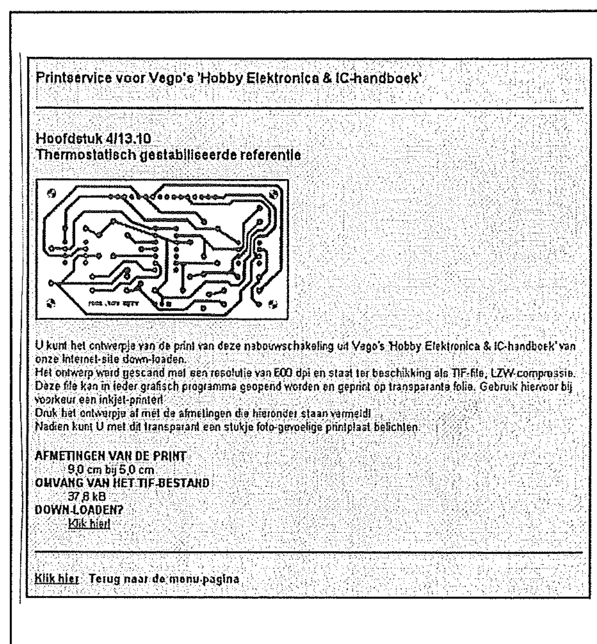



**Figuur 3/8.9.20-4:** Via de optie "Bestellen aanvullingen" kunt u oude aanvullingen die in uw verzameling ontbreken nabestellen.

Wij krijgen wel eens vragen of wij oude hoofdstukken kunnen mailen. Dat zou prachtig en handig zijn, maar is helaas niet mogelijk omdat de meeste hoofdstukken niet onder elektronische vorm aanwezig zijn. Tijd om de 13.560 pagina's waaruit uw naslagwerk inmiddels bestaat te digitaliseren ontbreekt uiteraard.

**Printservice**

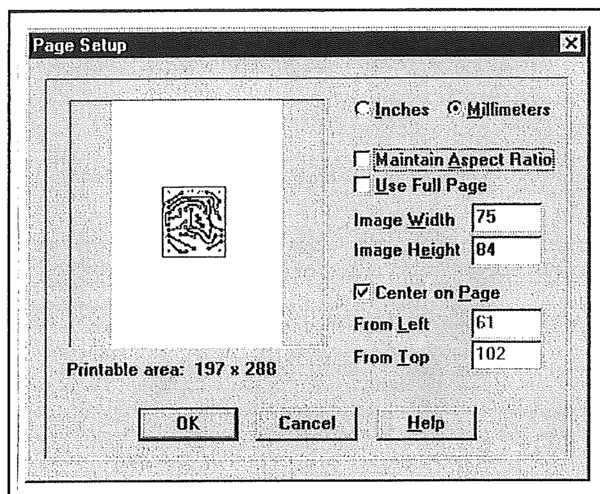
Via deze optie kunt u de printontwerpen van de nabouwschakelingen die in "HE&IC" worden beschreven downloaden. Via een overzichtmenu klikt u het hoofdstuk van uw keuze aan, waarna de betreffende pagina in beeld verschijnt, zie figuur 3/8.9.20-5.



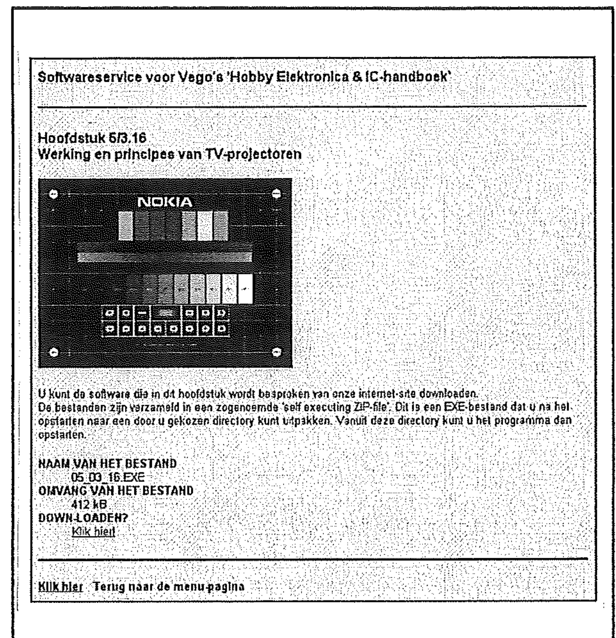

**Figuur 3/8.9.20-5:** Het downloaden van de printontwerpen van de nabouwschakelingen.

De ontwerpen worden gescand met een resolutie van 600 dpi en staan ter beschikking als TIF-file met LZW-compressie. Deze bestanden kunnen in ieder grafisch programma geopend worden en geprint op transparante folie. Gebruik hiervoor bij voorkeur een inkjet printer! Druk het ontwerpje af met de afmetingen die op de pagina staan vermeld! U kunt hiervoor bijvoorbeeld "PaintShop Pro" gebruiken. In het printmenu van dit programma, zie figuur 3/8.9.20-6, kunt u de breedte en hoogte van de afdruk precies instellen op de afmetingen die op de "HE&IC"-site staan vermeld.
Nadien kunt U met dit transparant een stukje fotogevoelige printplaat belichten op precies dezelfde manier als dat altijd gaat met gezeefdrukte folies. Omdat de zwarting van inkjet-printers iets minder is

dan deze van zeefdruk is de belichtingstijd wél iets kritischer.




**Figuur 3/8.9.20-6:** Het instellen van de afmetingen van de printafdruk in "PaintShop Pro".

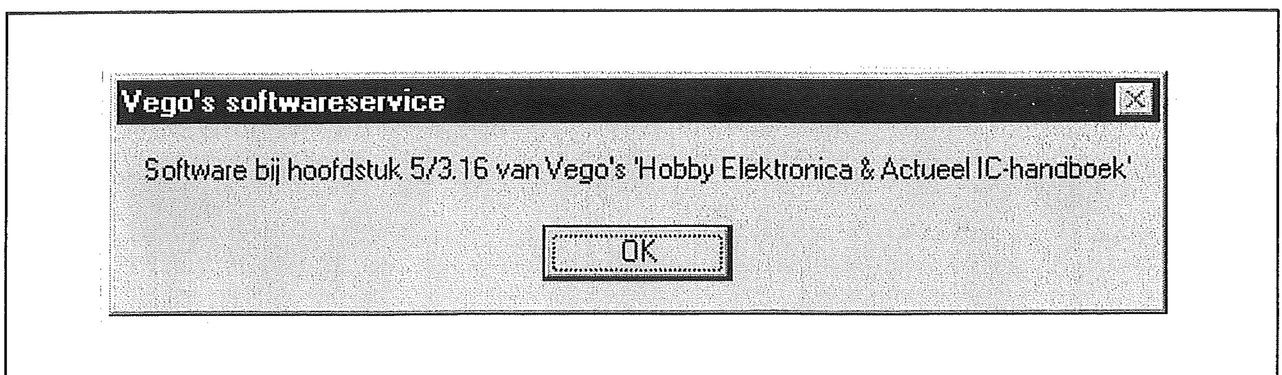



**Figuur 3/8.9.20-7:** Het downloaden van software die is beschreven in dit naslagwerk.

**Softwareservice**

Af en toe wordt er in een hoofdstuk gebruik gemaakt van free- of shareware. De redactie van "HE&IC" heeft besloten die software ook via de eigen site ter beschikking te stellen. Ook nu krijgt u eerst een overzichtmenu van alle beschikbare software en met een klik van de muis komt u op de betreffende pagina terecht, zie figuur 3/8.9.20-7.

Om het u zo gemakkelijk mogelijk te maken heeft de uitgever een licentie gekocht van de "WinZip SelfExtractor". Alle bestanden die bij een bepaald hoofdstuk horen worden eerst in één ZIP-bestand verenigd en met de SelfExtractor omgezet in een EXE-bestand. U hoeft op dit bestand maar te dubbelklikken om de installatie-procedure automatisch in gang te zetten.




**Figuur 3/8.9.20-8:** Het installeren van de software kan beginnen!

**8.9 Software voor de ontwerper**

Figuur 3/8.9.20-8 geeft het openingsscherm dat op uw monitor verschijnt na het activeren van een van onze EXE-bestanden.

Zorg er wél voor dat eerst op de harde schijf een nieuwe directory is aangemaakt waarin de software kan worden geïnstalleerd.

# 3/8.9.21

# Frequency Counter for Windows, versie 1.01

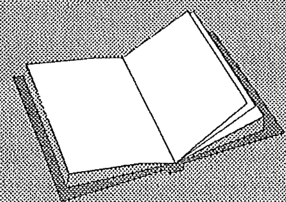
**Inleiding**
Met dit programma kan men de geluidskaart van een PC gebruiken voor het meten van de frequentie van laagfrequente signalen. Deze omschrijving geeft meteen de beperking van het programma aan. Geluidskaarten zijn ontworpen voor het verwerken van frequenties van 20 Hz tot maximaal 20 kHz en het heeft geen zin hogere frequenties aan te bieden. Wie echter vaak in laagfrequent schakelingen meet en geen digitale frequentiemeter heeft zal dit programma toch een nuttige aanvulling vinden. Daarnaast is het een leuk hebbedingetje waarmee men bevriende hobbyisten kan imponeren.

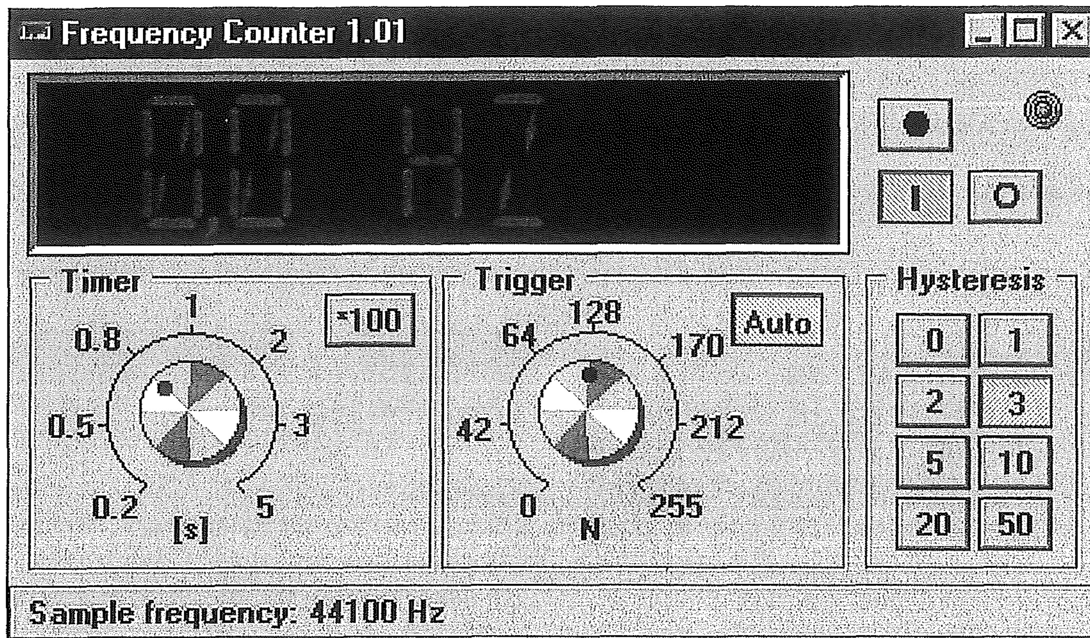
**Wie levert het?**
Vreemd genoeg wordt het programma geleverd zonder enige indicatie van de maker. Wie dit verdacht vindt zij gerustgesteld: het programma bevat écht geen virussen! Het programma is op verschillende plekken van het Internet te vinden, bijvoorbeeld op de pagina www.vego.nl/14/07/02/14_07_02.htm. Het programma wordt geleverd onder de vorm van een ZIP-file men als naam COUNTER.ZIP en een omvang van 103 kB. Men kan het best een nieuwe directory op de harde schijf aanmaken en het bestand daarin opslaan. Na unzippen ontstaat slechts één bestand, COUNTER.EXE met een omvang van 264 kB. Er worden géén inbraken gepleegd in de WINDOWS-directory en ook geen DLL-bestanden geïnstalleerd.

**Opstarten**
Het programma kan samenwerken met alle bekende versies van Windows. Na het dubbelklikken op de bestandsnaam verschijnt het venster van figuur 3/8.9.21-1 in beeld. Meer dan dit ene venster heeft het programma niet te bieden! Er zijn géén menu's en géén helpfuncties beschikbaar. Het enige dat er gebeurt is dat na een druk op de knop 'I' de software het signaal aan de ingang van de geluidskaart gaat evalueren, de frequentie ervan meet en deze digitaal in het venster invult.

**Korte beschrijving**
De counter heeft knoppen voor:
- instellen van de meettijd;
- instellen van de trigger;
- instellen van een hysteresis.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/8.9.15
Hoofdstuk 3/8.9.22






**Figuur 3/8.9.21-1:** Het werkvenster van "Counter for Windows".

Dat is alles!
De meettijd kan ingesteld worden tussen 0,2 s en 5 s, waarbij een multiplicatorknop met een factor *100 ter beschikking staat. Alleen al uit deze knop blijkt dat het programma bedoeld is voor het meten van lage frequenties.
Met de trigger kan men een soort van vertraging invoeren, zodat het systeem tot 255 perioden wacht alvorens een meetcyclus te starten.
De hysteresis is met drukknoppen instelbaar op een bepaald percentage van de maximale amplitude van het ingangssignaal. Eerst nadat het signaal gestegen is tot deze waarde wordt de triggersoftware geactiveerd en start een nieuwe meetcyclus.

# 3/8.9.22

# Sine Wave generator, versie 3.0

**Inleiding**

Dit programma hoort bij de reeks BIP LABS 3.0 software, die verder bestaat uit een spectrum analyser, een frequentieteller, een functiegenerator en een oscilloscoop. Deze programma's zijn ontworpen door de Nederlander M. Veldhuijzen. Bij al deze programma's wordt de geluidskaart van de PC ingezet voor het genereren van uitgangssignalen of voor het evalueren van ingangssignalen.

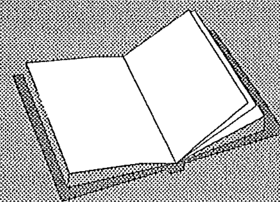
**Waar is het te downloaden?**

De BIP programma's staan op verschillende elektronica-sites op het Internet, zoals bijvoorbeeld op de pagina www.vego.nl/14/07/03/14_07_03.htm. Het programma wordt geleverd als EXE-bestand met als naam SINEWAVE.EXE en heeft een omvang van 143 kB. Dit is een zélf uitpakkend bestand en na dubbelklikken op de file kan men de vier bestanden waaruit het programma bestaat uitpakken in een eigen directory van de harde schijf. De vier bestanden hebben een omvang van 284 kB.

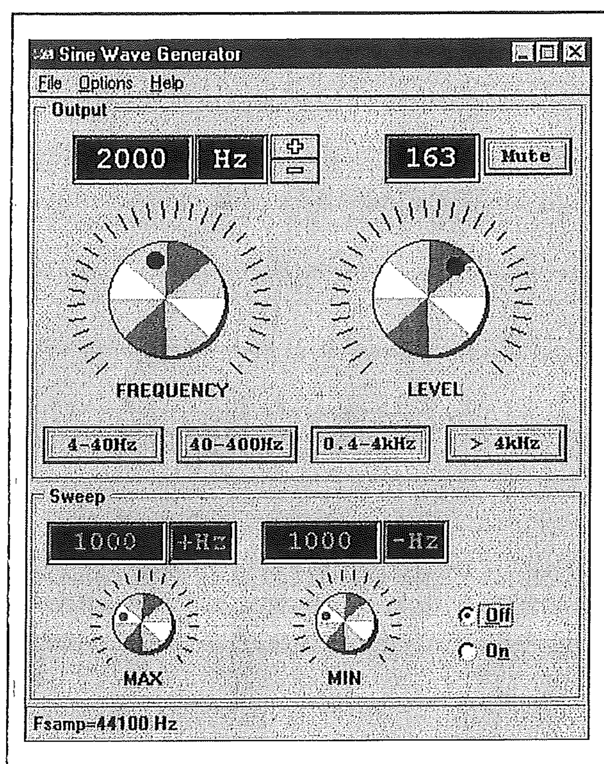
**Korte beschrijving**

Na het opstarten van de file SINE.EXE verschijnt het venster van figuur 3/8.9.22-1 in beeld. Het programma gebruikt de geluidskaart als sinusoscillator. Het frequentiebereik loopt van 4 Hz tot 40 kHz, hoewel de vervorming bij frequenties boven 20 kHz zo groot is dat er in feite geen sprake meer is van een sinus. De werking is eenvoudig. De software stuurt een aantal binaire codes naar de DAC in de geluidskaart, die deze codes omzet in een sinusvormige spanning. Hierbij wordt gesampeld met de hoogste frequentie die de geluidskaart toestaat. Dat zal in de meeste gevallen 44,1 kHz zijn. Er wordt echter gebruikt gemaakt van slechts 8 bit brede samples. De auteur claimt dat hij een zeer geheim algoritme heeft ontwikkeld waardoor, ondanks deze kleine woordbreedte, toch mooie sinussen worden gevormd. De op deze manier kunstmatig gegenereerde sinus wordt door het laagdoorlaat filter in de geluidskaart afgevlakt zodat de trapvormige benadering, die altijd ontstaat bij digitaal gegenereerde analoge signalen, wordt afgevlakt. Met kan de frequentie in vier bereiken instellen tussen 4 Hz en 40 kHz.

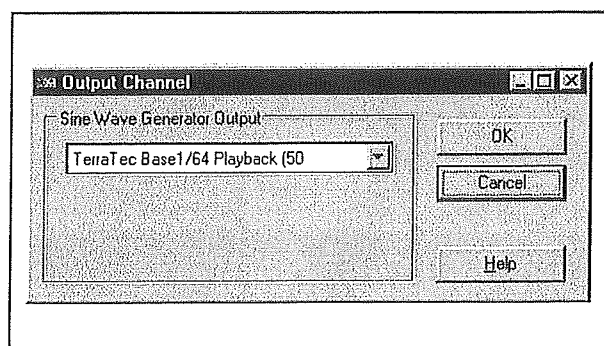
**LEES OOK:**
Hoofdstuk 3/8.9.15
Hoofdstuk 3/8.9.21



8.9 Software voor de ontwerper




Figuur 3/8.9.22-1: Het werkscherm van de "Sinus Oscillator".




Figuur 3/8.9.22-2: Het selecteren van de geluidskaart waarvan het programma gebruik maakt.

Voor het regelen van de amplitude staat een tweede met de muis te bedienen draapotentiometer ter beschikking waarmee men het niveau in 256 stappen kan regelen. Daarnaast kan men de uitgangsfrequentie sweepen, waarvoor twee potentiometers ter beschikking staan. Deze bepalen de minimale en maximale frequenties waarmee rond de centrale frequentie gesweept wordt. In het voorbeeld op de schermbeeldfoto wordt dus gesweept rond 2 kHz en wel van 1 kHz tot 3 kHz.

**De menu's**

Er zij drie menu's beschikbaar, die echter weinig te bieden hebben.

- File:
  Maar één optie en dat is "Exit" waarmee men het programma kan afsluiten.
- Options:
  Ook maar één optie "Output" waarmee men de geluidskaart kan selecteren, zie figuur 3/8.9.22-2. In de meeste gevallen zal in het lijstje uiteraard maar één kaart staan, want wie heeft nu meer dan een audiokaart in de PC zitten?
- Help:
  De normale helpfuncties van ieder Windows-programma.

**Mute**

Met de drukknop "Mute" kan men de geluidskaart loskoppelen van de software. Men kan dan de geluidskaart toewijzen aan een ander programma, bijvoorbeeld een software-oscilloscoop, zonder de sinusgenerator echt te moeten sluiten. Een handige functie, die meer programma's die gebruik maken van de geluidskaart zouden moeten hebben!

# 3/8.9.23

# Schakelingen op strip board ontwerpen met Abacoms Loch Master

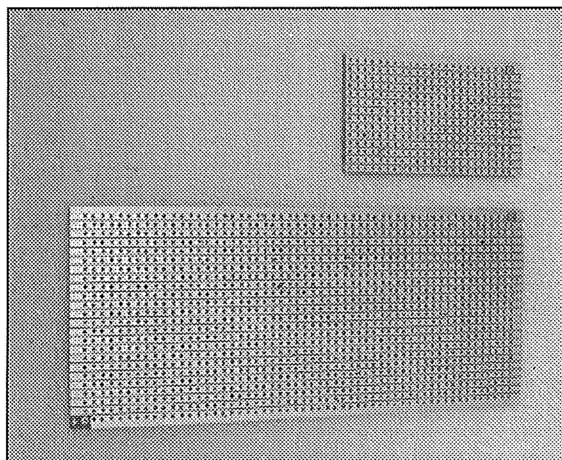
## Inleiding

### Een print is ook niet alles

Hoewel het voor de hand ligt een schakeling op een print te zetten, is dat in de praktijk niet altijd even handig. Het ontwerpen van de print is tegenwoordig kinderspel met bijvoorbeeld een programma als Sprint Layout van Abacom. Maar bij het máken van de print komt toch heel wat kijken. Fotogevoelige print, ultraviolette belichtingsbak, ontwikkelaar, etsbak, chemicaliën, printboormachientje, enzovoort.
Niet zo'n probleem bij kleine serieproductie en noodzakelijk als het een ingewikkelde schakeling betreft. Maar als u maar een klein ontwerpje eenmalig nodig heeft is het toch een heel tijdrovend en ingewikkeld gedoe.
Gelukkig bestaat er een alternatief: strip board, oftewel in goed Nederlands gaatjesprint. Volledig voorgeboorde printplaten, zie figuur 3/8.9.23-1, voorzien van doorlopende koperen strips. U soldeert de onderdelen op de strips, freest de strips op de juiste plaatsen door, soldeert wat draadbruggetjes tussen de strips en de schakeling is klaar.

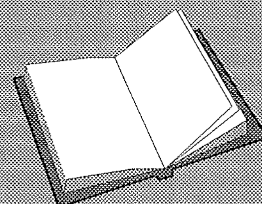
### Ontwerpen op strip board

U kunt natuurlijk uw schakeling even snel met pen en lineaal op een velletje papier ontwerpen. Het resultaat zal er uitzien zoals geschetst in figuur 3/8.9.23-2. Niet echt iets om trots op te zijn.

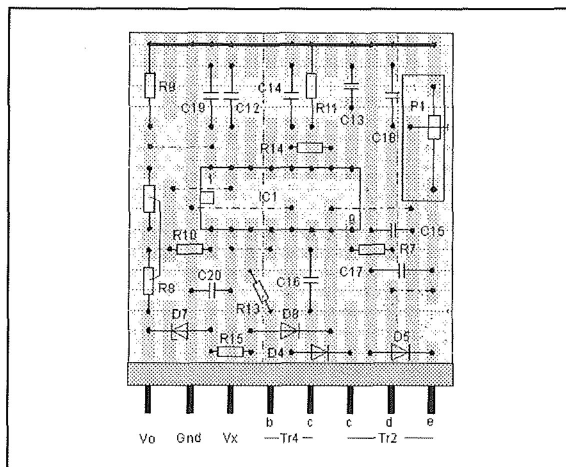


**Figuur 3/8.9.23-1:** Twee voorbeelden van strip board, in iedere elektronica handel te koop.

**LEES OOK:**
Hoofdstuk 3/8.9.12
Hoofdstuk 3/8.9.13



**8.9 Software voor de ontwerper**



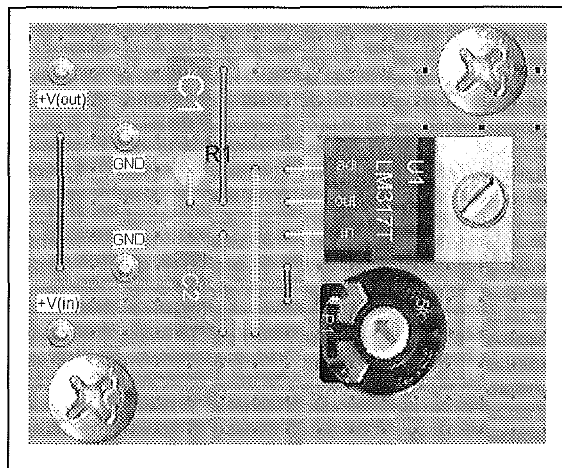

**Figuur 3/8.9.23-2:** Zo ziet een schakeling op strip board er uit als u zonder Loch Master aan de slag gaat.

## Loch Master gebruiken

Dat het ook veel fraaier kan bewijst figuur 3/8.9.23-3. Een vrijwel fotorealistisch bovenaanzicht van een gaatjes print, gemaakt met het programma Loch Master van Abacom. Loch Master is speciaal ontwikkeld om snel schakelingen te ontwerpen op strip boards. Het unieke van dit programma is dat er een uitgebreide onderdelen bibliotheek wordt meegeleverd met **foto's** van de onderdelen. Dus niet, zoals bij vrijwel alle printontwerp programma's, groffe schematische voorstellingen van de onderdelen, maar realistische weergaven. Een instelpotentiometer ziet er in Loch Master zo echt uit dat u hem als het ware zo van het papier wilt plukken en in uw voorraaddoosje opbergen.

## Goedkoop en snel aan de slag

Loch Master is een goedkoop programma. Het kost u maar € 34,95, exclusief BTW. Bovendien werkt het programma heel intuïtief: u kunt er vrijwel meteen mee aan de slag. Reden genoeg dus om dit juweeltje van Duitse programmeerkunst aan een nader onderzoek te onderwerpen.




**Figuur 3/8.9.23-3:** Een strip board ontworpen met Loch Master ziet er écht realistisch uit.

## Specificaties

Met Loch Master kunt u heel veel. Om in de stemming te komen geven wij u hier een kort overzicht van de belangrijkste specificaties van dit programma.

- Ondersteuning van strip boards met rastermaten van 1/10 en 1/5 inch.
- Maximale strip board afmetingen van 30 cm bij 30 cm.
- Boards worden opgeslagen in projecten, die diverse boards kunnen bevatten.
- Ieder board kan worden voorzien van een uitgebreid commentaar.
- Onderdelen die u op een board "soldeert" worden automatisch genummerd.
- Loch Master maakt automatisch een onderdelenlijst van ieder board.
- Onderdelen die u op een board "soldeert" kunnen worden verenigd tot een groep, die u met één klik van de muis op een ander board herplaatst.

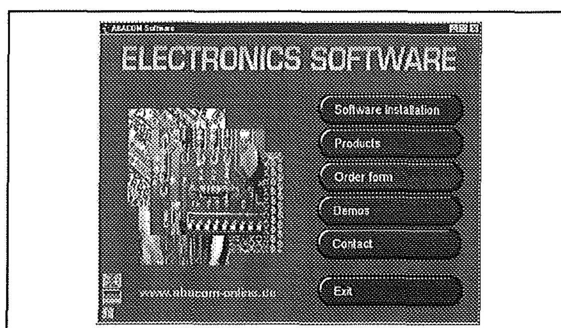
- Componenten kunnen worden geroteerd.
- Aanbrengen van draadbruggen die u kunt "solderen" en buigen.
- De koperstrips kunnen op iedere gewenste positie worden "doorgefreesd".
- Onderbroken koperstrips kunnen snel worden hersteld.
- Testfunctie geeft onmiddellijk aan welke strips en onderdelen met elkaar zijn verbonden.
- Uitgebreide printfunctie print niet alleen het compleet "gesoldeerde" board, maar desgewenst ook alleen het koperpatroon met de onderbrekingen in de strips.
- Uitgebreide functies voor het invoeren van nieuwe eigen onderdelen, desgewenst met foto.
- Componenten kunnen in verschillende lagen worden aangebracht, bijvoorbeeld eerst een draadbrug en daarboven een weerstand.
- De twee toolbars met handige knoppen kunnen naar eigen wens worden ingericht en geconfigureerd.

**Systeemeisen**
Loch Master versie 3.0 stelt werkelijk minimale eisen aan uw systeem. Iedere versie van Windows vanaf 95 is goed, het programma neemt maximaal 45 MB ruimte op uw harde schijf in beslag.

**Installatie**
Na het inleggen van de CD-ROM verschijnt automatisch een openingsscherm, waarin u kunt kiezen voor Duitse of Engelse installatie van het programma, zie figuur 3/8.9.23-4. In deze bespreking wordt uitgegaan van de Engelstalige installatie. Na het aanklikken van de taalkeuze ziet u het venster van figuur 3/8.9.23-5 verschijnen. U klikt hierin uiteraard op de optie "Software installation".

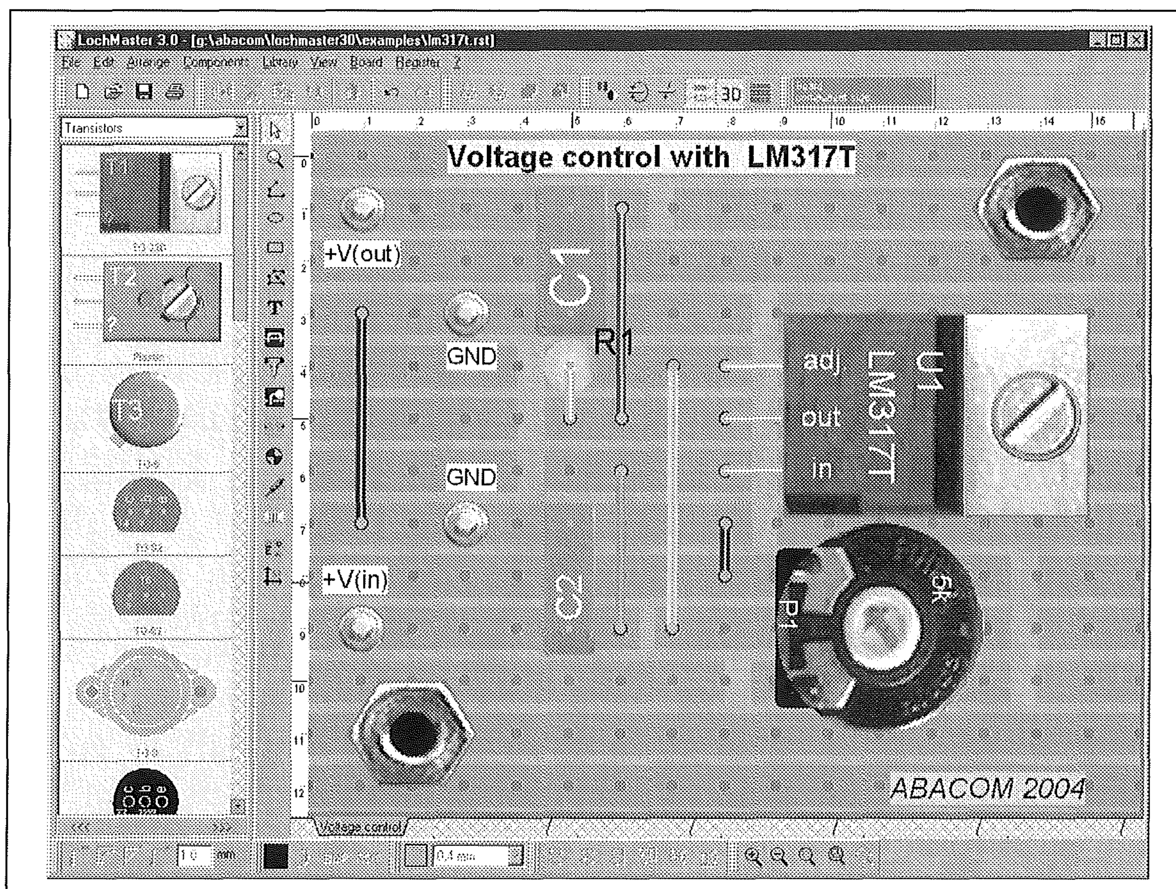



**Figuur 3/8.9.23-4:** Het venster waarmee de installatie van Sprint Layout start.




**Figuur 3/8.9.23-5:** In het volgende venster kiest u voor "Software installation".

Vervolgens verschijnt het van Windows bekende venster "Loch Master Set-up Wizard". Na een klik op "Next" kunt u in het venster van figuur 3/8.9.23-6 de directory selecteren waarin het programma wordt geïnstalleerd. De "Set-up Wizard" maakt in deze directory automatisch een subdirectory Lochmaster30 aan. Na een venster waarin u de "Start Menu Folder" kunt selecteren verschijnt het venster "Ready to Install". Uw klik op de optie "Install" zorgt ervoor dat Loch Master versie 3.0 in een paar minuutjes wordt geïnstalleerd. U kunt nadien de CD-ROM weer opbergen.



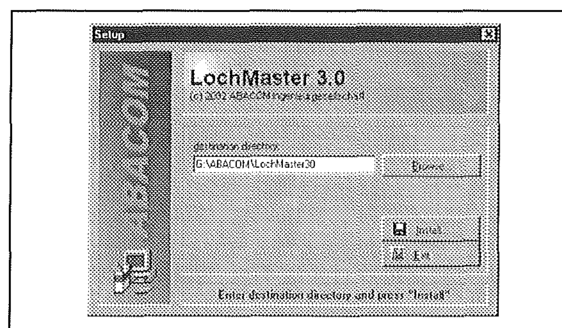

**Figuur 3/8.9.23-7:** Het werkvenster van Loch Master versie 3.0,

## Het werkvenster van Loch Master

Na het op de standaard Windows-manier opstarten van het programma verschijnt het werkvenster van figuur 3/8.9.23-7 in beeld. Wij hebben hier een van de voorbeelden die bij het programma worden geleverd, ingelezen.

Het werkvenster is ingedeeld in zes gebieden. Bovenaan ziet u de balk met de menu's:

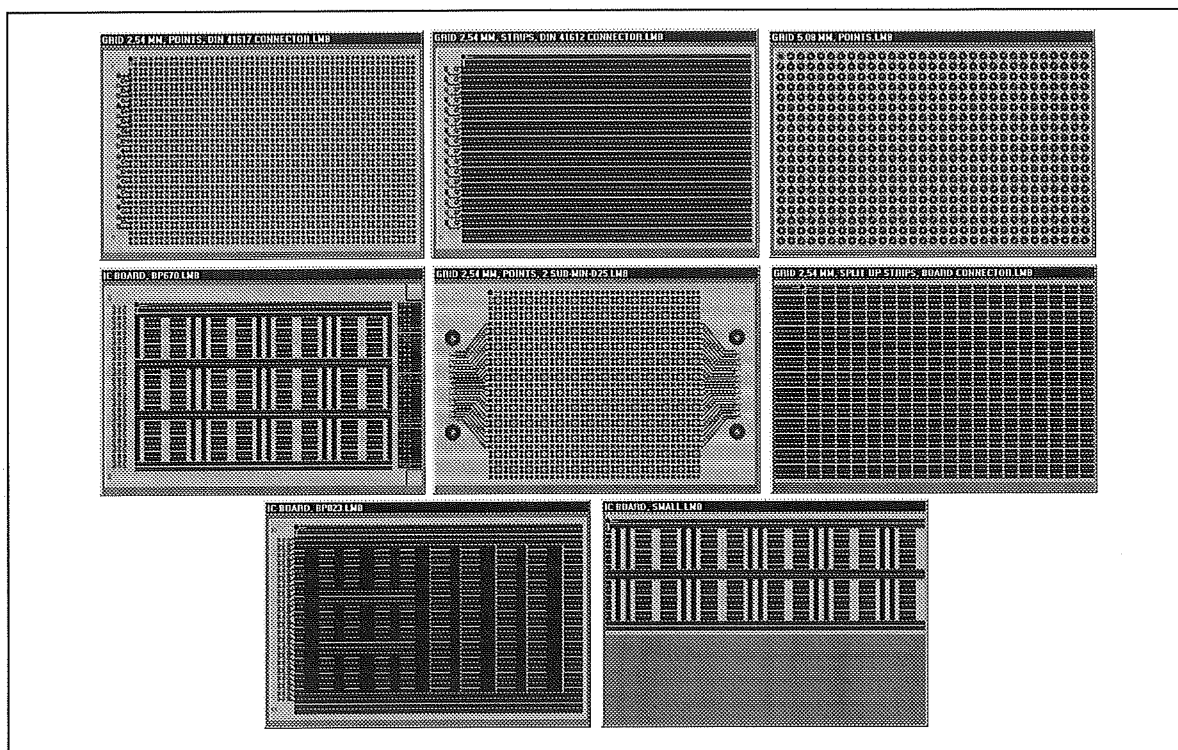
- File;
- Edit;
- Components;
- Library;
- View;
- Board;
- Register;
- ?.




**Figuur 3/8.9.23-6:** Het selecteren van de installatie directory.

Onder de menu's staat een eerste horizontale toolbar met zeer handige knoppen.

**8.9 Software voor de ontwerper**



**Figuur 3/8.9.23-8:** Acht voorbeelden van de 21 standaard boards die u in Loch Master kunt laden.

Het scrolbare linker venster geeft u toegang tot de onderdelen bibliotheek. Deze is ingedeeld in pagina's die ieder een aantal bij elkaar horende onderdelen bevatten. Rechts staat het venster waarin u een van de standaard strip boards laadt. Tussen beide vensters ziet u een smalle verticale balk. Dit is de zogenoemde gereedschapsbalk, waar u het vaakst gebruik van zult maken. Onder deze drie onderdelen staat een tweede horizontale toolbar, waar weer een groot aantal nuttige knoppen staan.

# Belangrijke begrippen

**Boards**

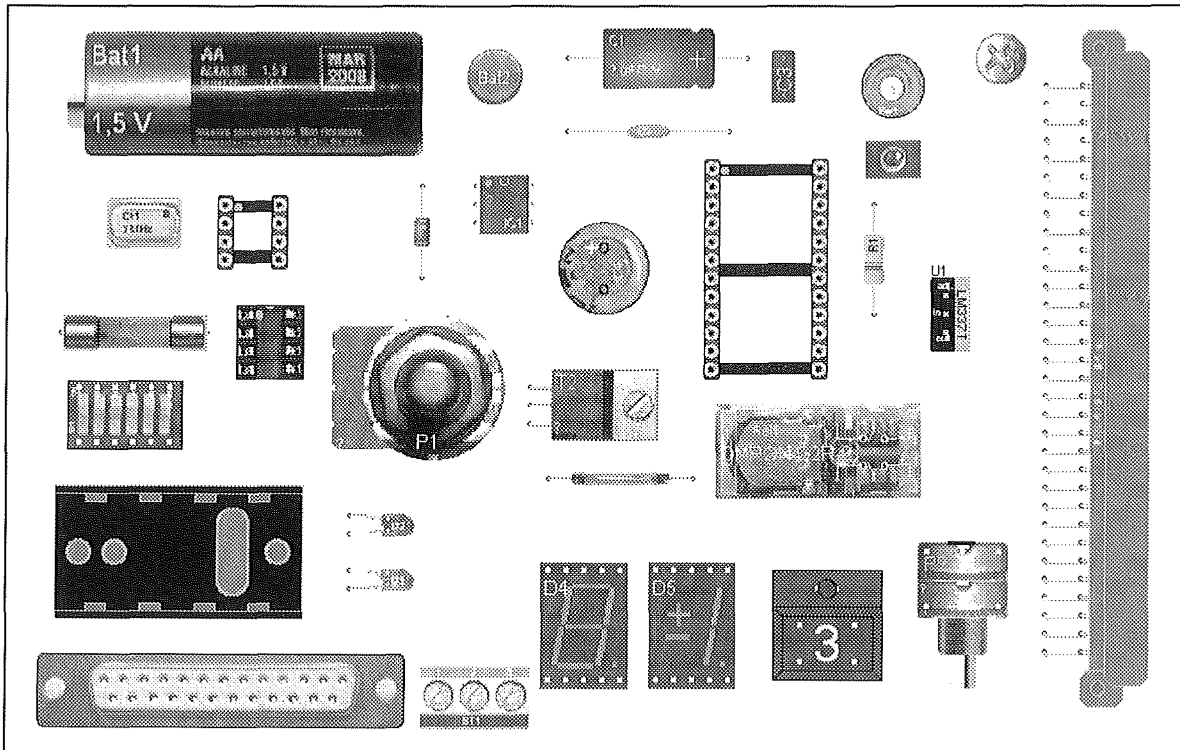
Alvorens u aan de slag kunt gaan moet u een board laden. Loch Master heeft een bibliotheek met 21 standaard strip boards. U treft gaatjesprint aan met een gat-tot-gat afstand van 2,54 en 5,08 mm. Naast printen met doorlopende koperen strips kunt u ook boards kiezen met aan een of beide smalle zijden voorzieningen voor het aansluiten van allerlei soorten standaard connectoren. Daarnaast zijn er ook boards in de aanbieding die rond ieder gat een koperen soldeereilandje hebben. In figuur 3/8.9.23-8 hebben wij een aantal voorbeelden van beschikbare boards verzameld.

**Componenten**

Het tweede belangrijke begrip in Loch Master zijn de onderdelen of componenten die u op de boards "soldeert". Die onderdelen zitten in een uitgebreide bibliotheek, die is ingedeeld in 38 pagina's:

– AC/DC Converters;

**8.9 Software voor de ontwerper**



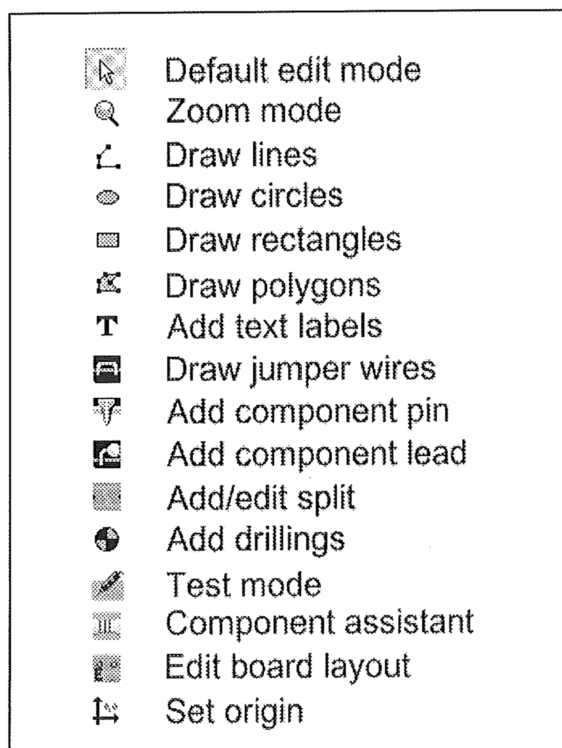

**Figuur 3/8.9.23-9:** Een twintigtal voorbeelden van de componenten die u op een board kunt "solderen".

- Batteries;
- Button cells;
- Capacitors (axial);
- Capacitors (misc.);
- Capacitors (MKS);
- Capacitors (MKT);
- Capacitors (radial);
- Capacitors (tantalum);
- Contacts;
- Crystals;
- DIL-sockets (HQ);
- DIL-sockets (low cost);
- DIL-switches;
- Diodes;
- Fuses;
- Heat sinks;
- IC's;
- Jacks;
- LED's;
- Miscellaneous;
- Mounting components;
- Potentiometers;
- Push buttons;
- Reed contacts;
- Relays;
- Resistors;
- Screw terminals;
- SubMin push buttons;
- Switches;
- Symbols;
- Telephone jacks;
- Transformers;
- Transformers (ring core);
- Transistors;
- Trimmers;
- TTL;
- Voltage regulators.

Om u een indruk te geven van de rijkdom aan en de gedetailleerdheid van de beschikbare onderdelen hebben wij in figuur 3/8.9.23-9 een twintigtal onderdelen verzameld.

**8.9 Software voor de ontwerper**

**De gereedschapsbalk**
De gereedschapsbalk tussen het venster van de componenten bibliotheek en het venster van het board zult u voortdurend gebruiken. Daarin staan immers alle pictogrammen die u nodig heeft bij het "solderen" van een strip board. We hebben deze zestien pictogrammen voorzien van hun functie en dit alles voorgesteld in figuur 3/8.9.23-10.




**Figuur 3/8.9.23-10:** De zestien pictogrammen in de verticale gereedschapsbalk.

- Default edit mode
  Met deze mode selecteert u onderdelen op uw board waarmee u iets moet doen, bijvoorbeeld verwijderen, verplaatsen of draaien.
- Zoom mode
  Met dit gereedschap zoomt u in of uit op uw board. Met klikken op de linker muisknop zoomt u in, met klikken op de rechter muisknop zoomt u uit.
- Draw lines
  Met dit gereedschap tekent u lijnen op uw ontwerp. De muiscursor verandert in een potlood. U klikt met de linker muisknop op het beginpunt van de lijn. U verplaatst het potlood naar het eindpunt van de lijn of naar een hoekpunt en klikt weer met de linker muisknop. Is de lijn klaar, dan klikt u even met de rechter muisknop.
- Draw circles
  Hiermee tekent u cirkels. U zet de cursor op het middelpunt van de cirkel en klikt met de linker muisknop om dit punt vast te leggen. Nadien tekent u met de muis een mooie cirkel en sluit af met een nieuwe druk op de linker muisknop. Met een druk op de rechter muisknop verlaat u dit gereedschap.
- Draw rectangles
  Gereedschap voor het tekenen van vierkanten en rechthoeken. U klikt met de linker muisknop in een hoekpunt van de rechthoek en tekent nadien met de muis de gewenste rechthoek. U sluit af met een hernieuwde druk op de linker muisknop. Met een druk op rechts verlaat u dit gereedschap.
- Draw polygons
  Met dit gereedschap tekent u snel veelhoeken. U klikt met de linker muisknop in een hoekpunt van de figuur en tekent de veelhoek door de muis te verplaatsen naar ieder volgend hoekpunt. Door een druk op de rechter muisknop wordt de veelhoek gesloten.
- Add text labels
  Met dit gereedschap zet u teksten op uw board. Dat kunnen vaste teksten

zijn, maar ook teksten die een bepaald onderdeel automatisch identificeren.

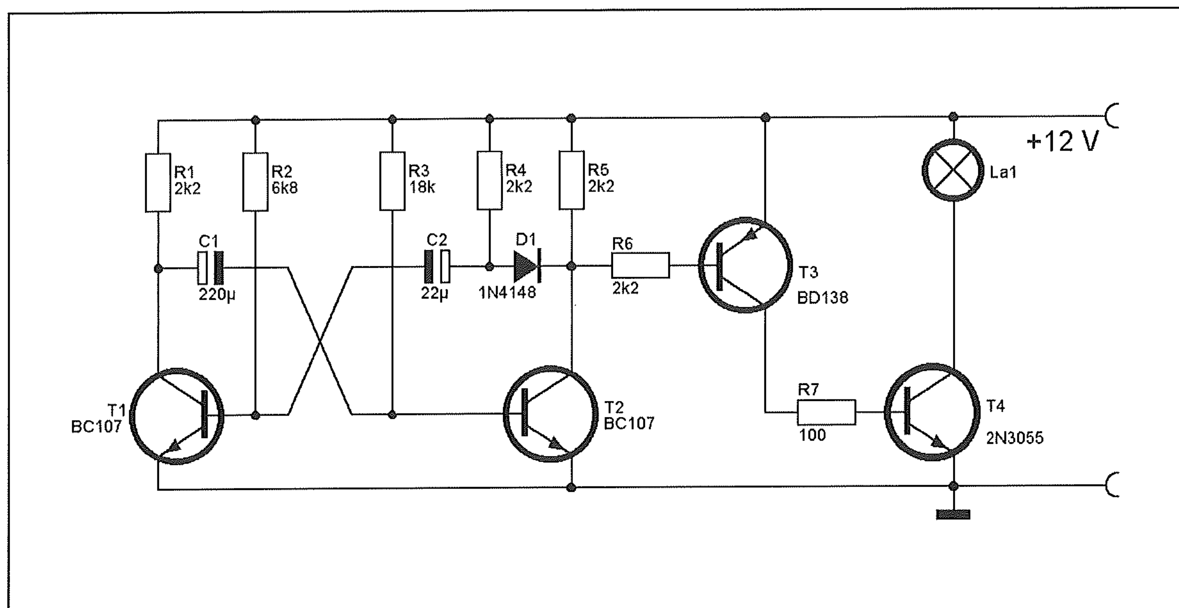
- Draw jumper wires
  Een vaak toegepast gereedschap waarmee u draadbruggen op uw board "soldeert". De muiscursor verandert in een miniatuur soldeerboutje. U "soldeert" het ene uiteinde van de draadbrug in een gaatje van het board door op de linker muisknop te drukken. Voor het andere uiteinde handelt u op dezelfde manier. U verlaat dit gereedschap door op de rechter muisknop te drukken.
- Add component pin
  Dit gereedschap is handig als u eigen onderdelen ontwerpt. U geeft hiermee uw onderdeel aansluitpennen, waardoor het onderdeel een "echt" component wordt dat u in de onderdelen bibliotheek kunt opnemen.
- Add component lead
  Heeft in principe dezelfde functie als het vorig werktuig. U voorziet hiermee een nieuw onderdeel van aansluitdraadjes die in het board worden "gesoldeerd".
- Add/edit split
  Met dit werktuig "freest" u de koperen strips op het board door.
- Add drilling
  Hiermee definieert u de plaats van boorgaatjes met een instelbare diameter, bijvoorbeeld voor de bevestiging van het board.
- Test mode
  Een zeer interessant gereedschap, waarmee u uw board ontwerp test op niet bedoelde doorverbindingen.
- Component assistant
  Een handig hulpmiddel voor het snel definiëren van onderdelen met afwijkende afmetingen. Ook dit gereedschap wordt afzonderlijk besproken.
- Edit board layout
  Met dit gereedschap ontwerpt u uw eigen strip boards, zie later.
- Set origin
  Met dit gereedschap stelt u het nulpunt in van de twee meetlatten die ieder punt van het board een x- en y-waarde geven.

# Aan de slag

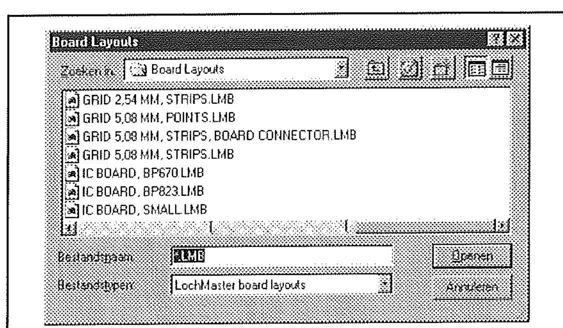
**Een eenvoudig schema als voorbeeld**
Hiermee hebben wij lang niet alle functies en opties van Loch Master versie 3.0 behandeld. Maar in plaats van al deze opties een na een te beschrijven gaan wij, samen met u, het programma verkennen aan de hand van een zeer eenvoudig voorbeeld.
In figuur 3/8.9.23-11 is een schemaatje getekend van een knipperlicht met groot vermogen. U zou dit schema kunnen gebruiken om een lamp aan te sturen als uw inbraakalarm wordt geactiveerd. De 12 V lamp La1 kan een vermogen van 48 W hebben, meer dan genoeg om in een duistere nacht de hele straat aan te lichten. Dit schema is getekend met Splan, het schemateken programma van Abacom.

**Stap 1: een board selecteren**
Start Loch Master op, ga naar het menu "File" en selecteer "New". Het programma reageert met het venster van figuur 3/8.9.23-12, waarin u een board moet selecteren. Voor dit schema lijkt het board "GRID 5,08 MM, STRIPS, LMB" het meest geschikt. Als u op dit board klikt verschijnt een venstertje waarin u ziet hoe dit strip board er uitziet. Goed? Klik dan op "Openen" en het board komt in het werkvenster te staan.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.23-11:** Het eenvoudig schema dat wij op een board gaan zetten.




**Figuur 3/8.9.23-12:** In dit venster selecteert u het lege strip board waarop u uw schakeling gaat "solderen" en bedraden.

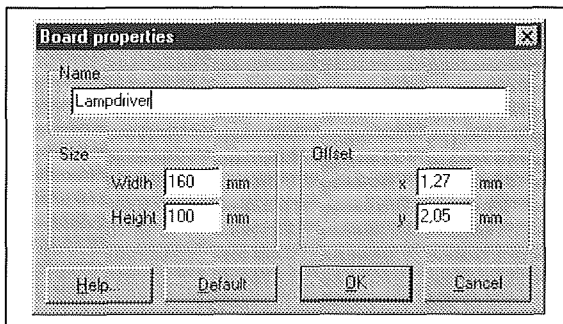
**Stap 2: uw ontwerp een naam geven**

Zoals reeds geschreven, slaat Loch Master uw board op als project. In ieder project kunt u meer dan een board opnemen. U kunt dus een uitgebreide schakeling op meer dan een board "solderen" en al die boards toch in een project opnemen. Als u het project later weer opent, dan kunt u met één muisklik van het ene naar het andere board omschakelen.

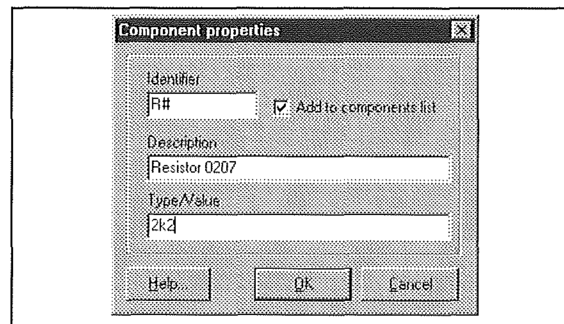
U moet dus twee dingen doen:

- Uw project een naam geven
  Ga naar het menu "File" en kies voor "Save as". U kunt nu in het bekende Windows-venster het project een unieke naam geven. Projecten worden opgeslagen als .RST-bestanden, een eigen bestandsformaat van Loch Master dat u in andere programma's niet kunt openen.
- Uw actuele board een naam geven
  Ga naar het menu "Board" en kies voor "Proporties". In het venster van figuur 3/8.9.23-13 kunt u dit specifieke board een eigen naam geven, bijvoorbeeld "Lampdriver". De naam van het board verschijnt links onder in het werkvenster.
  In dit venster kunt u bovendien de afmetingen van uw board wijzigen en eventueel een afwijkende offset instellen. Met de offset stelt u de afstand in tussen de "Origin" van de meetlatten en het meest links/bovenste gaatje van het board.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.23-13:** In dit venster definieert u de eigenschappen van het board.




**Figuur 3/8.9.23-14:** Het invoeren van de eigenschappen van een onderdeel dat u op uw board plaatst.

**Stap 3: onderdelen aanbrengen**

Vervolgens kunt u starten met het aanbrengen van de onderdelen. Het meest voor de hand liggend is te beginnen met de weerstanden.

Laat ons eerst weerstand R1 "solderen". Kies de pagina "Resistors" uit de bibliotheek en klik op de weerstand "resistor 0207". In het venster van figuur 3/8.9.23-14 dat nu automatisch verschijnt vult u de eigenschappen van de weerstand in.

- Identifier
  Dit is het volgnummer van de weerstand. Standaard staat deze ingesteld op "R#". Het hekje kunt u liever laten staan, want dit symbool zorgt ervoor dat Loch Master identieke onderdelen automatisch doornummert. Maar uiteraard kunt u hier ook "R1" invullen.
- Description
  Dit is de benaming waarmee de weerstand in de onderdelen bibliotheek bekend is. Deze beschrijving wordt ook opgenomen in de automatisch gegenereerde onderdelenlijst (zie later).
- Type/Value
  In dit vakje vult u de waarde van de weerstand in, dus 2k2.

Na het klikken op "OK" ziet u een miniatuur soldeerboutje op het board verschijnen. U verplaatst de punt van de soldeerbout naar het printgaatje waarin u een aansluiting van de weerstand wilt "solderen". Na een klik op de linker muisknop ziet u de weerstand verschijnen, vervolgens verplaatst u de soldeerbout naar het gaatje waarin u de tweede aansluiting van de weerstand wilt "solderen" en klikt weer op de linker muisknop. Hiermee is de plaats van de weerstand op het board vastgelegd. De aansluitdraadjes worden automatisch op de juiste lengte "afgeknipt".

Op deze manier gaat u verder met het aanbrengen van alle overige onderdelen van het schema.

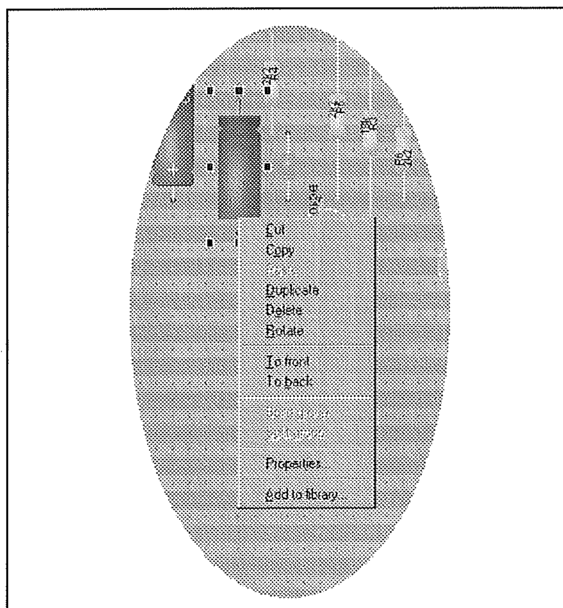
**Stap 4: onderdelen roteren en manipuleren**

Natuurlijk zult u af en toe een onderdeel moeten roteren. Klik met de rechter muisknop op het onderdeel. In het pop-up venster dat nu verschijnt, zie figuur 3/8.9.23-15, klikt u op de optie "Rotate". Het onderdeel draait 90 °.

Via hetzelfde pop-up menu kunt u een onderdeel dupliceren. Er verschijnt dan een identiek onderdeel dat aan de muiscursor plakt en dat u met een druk op de

**8.9 Software voor de ontwerper**

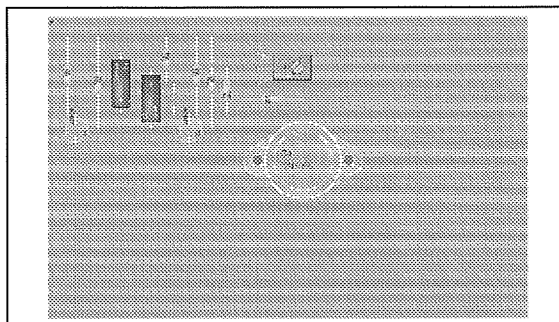
linker muisknop elders kunt plaatsen. U kunt via de opties "Cut" en "Copy" een onderdeel verwijderen of kopiëren.




**Figuur 3/8.9.23-15:** Via dit pop-up menu kunt u de geplaatste onderdelen manipuleren.

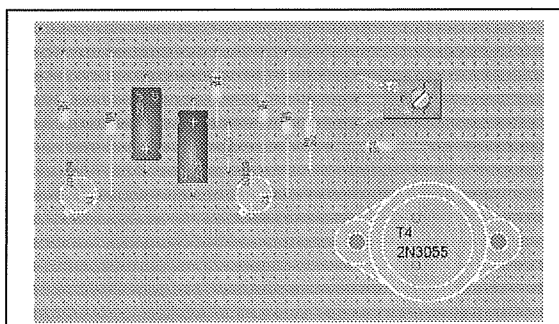
Met de opties "To front" en "To back" kunt u een onderdeel in de derde dimensie manipuleren. Loch Master biedt namelijk de mogelijkheid twee of meer onderdelen boven elkaar te plaatsen. Met deze twee opties kunt u een onderdeel boven of onder een ander onderdeel plaatsen.
Via de optie "Proporties" kunt u de eigenschappen van ieder onderdeel wijzigen, bijvoorbeeld er een ander volgnummer of waarde aan toekennen.

**Stap 5: tussenstand**
Nadat alle onderdelen zijn geplaatst, ziet uw board er uit zoals voorgesteld in figuur 3/8.9.23-16.
We merken dat de standaard afmeting van 160 mm bij 100 mm te groot is.



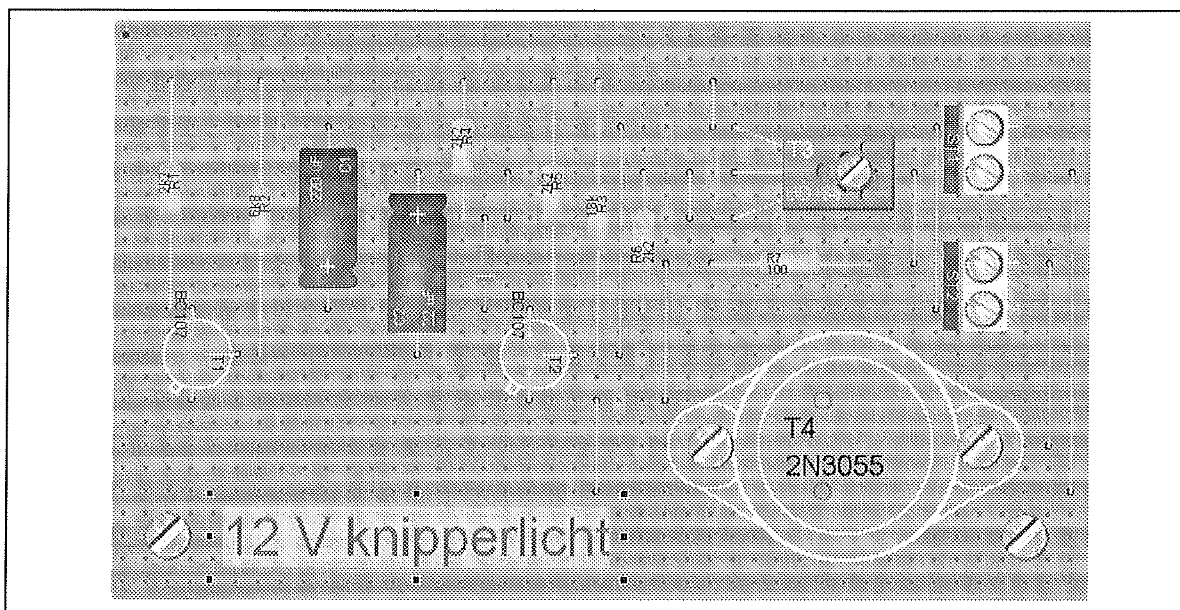
**Figuur 3/8.9.23-16:** De eerste tussenstand: alle componenten zijn geplaatst.

**Stap 6: afmetingen aanpassen**
Ga naar het menu "Board" en selecteer de optie "Proporties". Verklein nu experimenteel de afmetingen van het board. In dit geval ziet het resultaat er netjes uit als we de afmetingen van het board reduceren tot 110 mm bij 65 mm, zie figuur 3/8.9.23-17.




**Figuur 3/8.9.23-17:** In de volgende stap verkleinen we de afmetingen van het board tot alle onderdelen er netjes oppassen.

**Stap 7: draadbruggen aanbrengen**
Een aantal onderdelen is reeds met elkaar verbonden door de koperen strips op het board. Maar we zullen toch een paar draadbruggen moeten aanleggen om alle noodzakelijke verbindingen te leggen. Ga naar de werktuigbalk en selecteer het gereedschap "Draw jumper wire".




**Figuur 3/8.9.23-19:** Het eindresultaat: ons eerste ontwerpje met Loch Master.

Ook nu verschijnt weer ons soldeerboutje en kunnen we de draadbruggen "solderen" door met de linker muisknop in de juiste gaatjes te klikken. De actie wordt afgebroken door een druk op de rechter muisknop.

### Stap 8: strips onderbreken

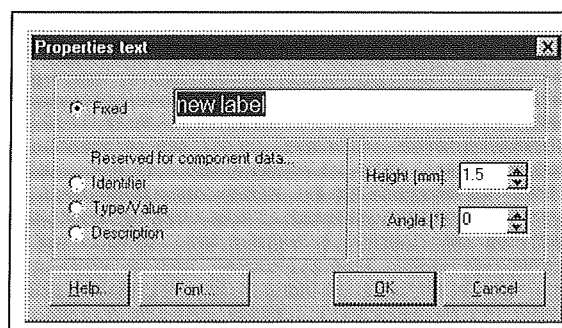
Met het gereedschap "Add/edit split" gaan we vervolgens de koperen strips op de juiste plaatsen onderbreken. Doe dit op vrije gaatjes, het is dan later gemakkelijk om met een boortje de strips op deze plaatsen weg te freesen.

### Stap 9: het board verfraaien

Als u er prijs op stelt kunt u extra's aanbrengen, zoals twee printkroonsteentjes voor het aansluiten van de voeding en de lamp en schroeven voor de bevestiging van het board en de TO-3 transistor.

### Stap 10: teksten aanbrengen

Tot slot zetten we nog wat teksten op het board. Open het gereedschap "Add text labels" en vul in het venster van figuur 3/8.9.23-18 een vaste tekst in. Klik dus de knop "Fixed" aan. Op de andere opties in dit venstertje komen wij later terug.




**Figuur 3/8.9.23-18:** Via dit venster kunt u vaste teksten op uw board schrijven.

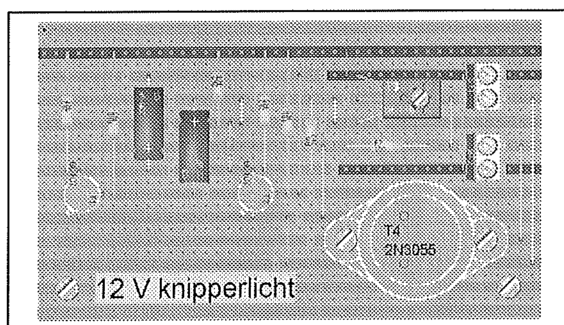
### Stap 11: het eindresultaat

Hiermee hebben we ons eerste board met Loch Master ontworpen en we kunnen best wel trots zijn op het eindresultaat. Kijk maar naar figuur 3/8.9.23-19, waar het resultaat van onze inspanningen in volle glorie te bewonderen is.

**8.9 Software voor de ontwerper**

### Stap 12: het ontwerp controleren

Met het gereedschap "Test mode" kunt u nu eventueel uw ontwerp testen. Na het aanklikken van dit gereedschap verandert de muiscursor in een miniatuur meetpen. Klik hiermee op een van de koperen strips. Alle geleidende punten die met deze strip zijn verbonden, worden nu in een contrasterende kleur weergegeven, zie figuur 3/8.9.23-20. Op deze manier kunt u heel snel uw ontwerp nog eens controleren en ziet u meteen of er geen strips, die doorgefreesd moeten worden, zijn vergeten.



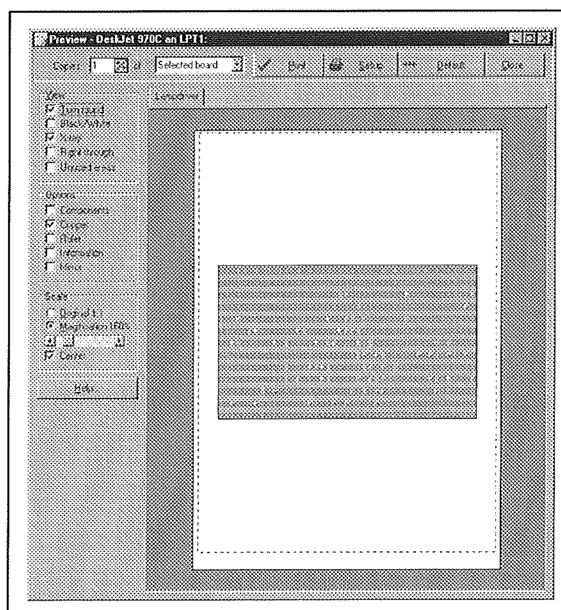

**Figuur 3/8.9.23-20:** Met het gereedschap "Test mode" kunt u snel uw ontwerp op fouten controleren.

### Stap 13: het ontwerp afdrukken

Loch Master beschikt over een uitgebreide printfunctie, toegankelijk via het menu "File" en de optie "Print". Na aanklikken van deze optie verschijnt het "Preview"-venster van figuur 3/8.9.23-21 op uw scherm.

- Turn round
  Het board wordt 180 ° gedraaid, zodat u de soldeerzijde kunt afprinten.
- Black/White
  Het ontwerp wordt zwart/wit weergegeven en geprint.
- X-ray
  Het board wordt transparant, zodat de achterzijde doorschemert.
- Right through
  U ziet nu de koperzijde van het board, echter vanaf de componentenzijde.
- Unused areas
  Alle koperen strips waar niet op wordt gesoldeerd, worden in een contrasterende kleur weergegeven.
- Components
  Alle onderdelen op het strip board worden geprint.
- Copper
  Het koperpatroon wordt geprint.
- Ruler
  De twee meetlatten worden mee afgedrukt.
- Information
  De naam van het project en de naam van het board worden mee afgedrukt.
- Mirror
  Het board wordt gespiegeld afgedrukt.

Via de optie "Scale" kunt u het board op ware grootte afdrukken (Original 1:1) of op schaal (Magnification).

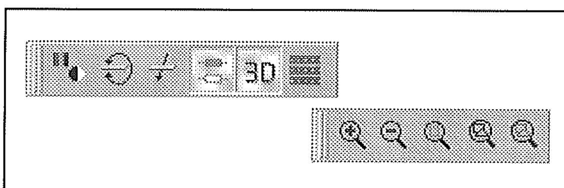



**Figuur 3/8.9.23-21:** Het uitgebreide printvenster van Loch Master.

# Overige functies

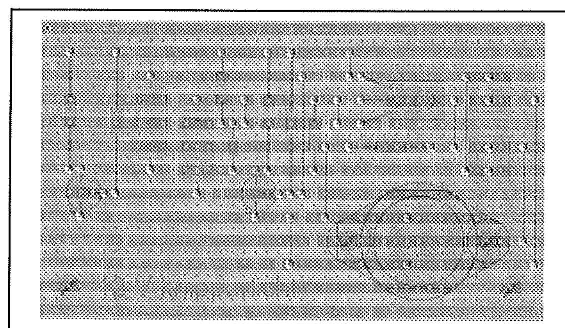
**Inleiding**
Met dit voorbeeld hebben wij samen met u een snelle rondgang door de belangrijkste functies en gereedschappen van Loch Master gemaakt. U kunt nu met het programma aan de slag. Maar uiteraard biedt dit programma nog een heleboel nuttige opties en functies, die we in dit hoofdstuk bespreken.

**Zoom en View**
Deze twee functies treft u aan in de onderste en bovenste toolbars, zei figuur 3/8.9.23-22. Met de vergrootglaasjes "+" en "-" kunt u de vergrotingsfactor van het board-venster instellen. Met het derde vergrootglaasje "BOARD" zet u het volledige board in het venster. Met het vergrootglaasje "COMPONENT" wordt alleen dat deel van het board dat gevuld is met componenten weergegeven. Met het vergrootglaasje "SELECTION" zet u alleen de geselecteerde onderdelen in beeld.




**Figuur 3/8.9.23-22:** De twee tools voor het zoomen en viewen van uw board.

De tool "View" geeft zes opties om uw board weer te geven:
- Black & White
  Zet alleen de omranding (outline) van alle componenten op het board. Handig als u de onderdelen in meer dan een laag op het board heeft opgenomen. U ziet dan ook de omranding van de onderliggende onderdelen.
- View opposite site (turn round)
  U draait het board 180 °, zodat u de koperzijde in beeld zet.
- View opposite site (right through)
  Hiermee ziet u ook de koperzijde, maar op een manier alsof u door het board heenkijkt.
- X-ray
  Deze optie geeft samen met de vorige een mooie semi-transparante blik op uw board. U ziet dus niet alleen alle onderdelen, maar alle koperpatronen en zelfs de soldeerverbindingen, zie figuur 3/8.9.23-23.
- 3D
  Als u deze optie uitschakelt wordt de driedimensionele rendering van de onderdelen uitgeschakeld en verliest het board zijn foto-realistisch uiterlijk.
- Show unused areas
  De koperstrips die niet in gebruik zijn worden in een contrasterende kleur weergegeven.

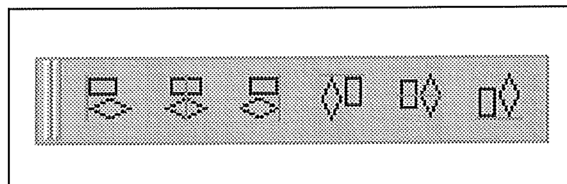


**Figuur 3/8.9.23-23:** Met de optie "X-ray" ziet u dwars door uw board heen, ideaal voor een extra controle op het ontwerp.

**Adjust functies**
Dank zij de "Adjust"-tool in de onderste toolbar kunt u twee of meer geselecteerde objecten op uw print uitlijnen en centreren. De diverse opties die ter beschikking staan en in figuur 3/8.9.23-24 zijn

**8.9 Software voor de ontwerper**

samengevat zijn dank zij hun pictogrammen zo duidelijk dat nadere toelichting overbodig is.



**Figuur 3/8.9.23-24:** Met het tool "Adjust" kunt u twee of meer objecten uitlijnen en centreren.

## Onderdelenlijst

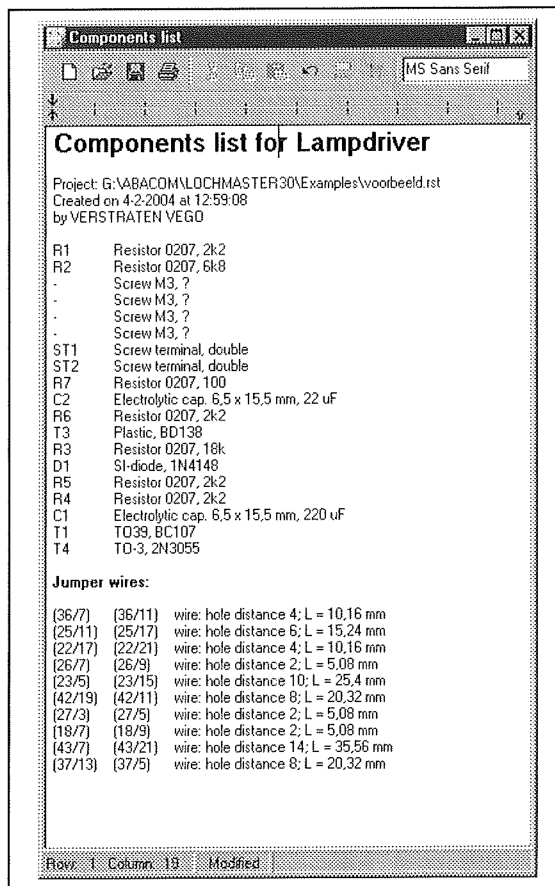
Een vrij unieke functie van Loch Master is dat u met één druk op de knop een volledige onderdelenlijst van uw board kunt genereren. Ga hiervoor naar het menu "Board" en selecteer de optie "Create component list". De onderdelenlijst verschijnt in een nieuwe tekstvenster, zie figuur 3/8.9.23-25. U kunt de lijst bewerken, bewaren als .TXT bestand en uitprinten.

## Annotations

Deze optie, beschikbaar in het "Board"-menu, geeft u toegang tot een eenvoudig tekstverwerker venstertje, waarin u commentaar bij uw board kunt noteren. Dit commentaar wordt in het actuele project bewaard en is dus altijd weer op te roepen.

## Objecten vullen, omranden en afronden

Objecten die u met een van de tekengereedschappen heeft getekend, kunt u voorzien van een vulling, een omranding en eventueel een afronding. Daarvoor staan de tools ter beschikking die in figuur 3/8.9.23-26 zijn samengevat. De meeste pictogrammen zijn wel duidelijk, een paar behoeven enige toelichting.



Components list

**Components list for Lampdriver**

Project: G:\ABACOM\LOCHMASTER30\Examples\voorbeeld.rst
Created on 4-2-2004 at 12:59:08
by VERSTRATEN VEGO

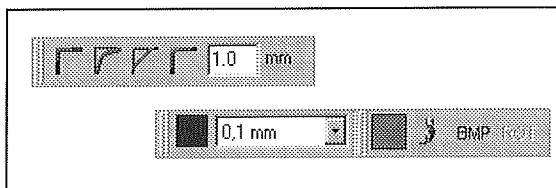
| | |
|---|---|
| R1 | Resistor 0207, 2k2 |
| R2 | Resistor 0207, 6k8 |
| - | Screw M3, ? |
| - | Screw M3, ? |
| - | Screw M3, ? |
| - | Screw M3, ? |
| ST1 | Screw terminal, double |
| ST2 | Screw terminal, double |
| R7 | Resistor 0207, 100 |
| C2 | Electrolytic cap. 6,5 x 15,5 mm, 22 uF |
| R6 | Resistor 0207, 2k2 |
| T3 | Plastic, BD138 |
| R3 | Resistor 0207, 18k |
| D1 | SI-diode, 1N4148 |
| R5 | Resistor 0207, 2k2 |
| R4 | Resistor 0207, 2k2 |
| C1 | Electrolytic cap. 6,5 x 15,5 mm, 220 uF |
| T1 | TO39, BC107 |
| T4 | TO-3, 2N3055 |

**Jumper wires:**

| | | |
|---|---|---|
| (36/7) | (36/11) | wire: hole distance 4; L = 10,16 mm |
| (25/11) | (25/17) | wire: hole distance 6; L = 15,24 mm |
| (22/17) | (22/21) | wire: hole distance 4; L = 10,16 mm |
| (26/7) | (26/9) | wire: hole distance 2; L = 5,08 mm |
| (23/5) | (23/15) | wire: hole distance 10; L = 25,4 mm |
| (42/19) | (42/11) | wire: hole distance 8; L = 20,32 mm |
| (27/3) | (27/5) | wire: hole distance 2; L = 5,08 mm |
| (18/7) | (18/9) | wire: hole distance 2; L = 5,08 mm |
| (43/7) | (43/21) | wire: hole distance 14; L = 35,56 mm |
| (37/13) | (37/5) | wire: hole distance 8; L = 20,32 mm |

Row: 1 Column: 19 Modified

**Figuur 3/8.9.23-25:** De door Loch Master gegenereerde onderdelenlijst van uw board.




**Figuur 3/8.9.23-26:** Met deze tools kunt u objecten vullen, inkleuren, omranden en afronden.

- BMP
  Met deze tool kunt u een illustratie opnemen in een getekend object. Voorwaarde is dat de illustratie als .BMP bestand beschikbaar is, andere grafische formaten worden helaas

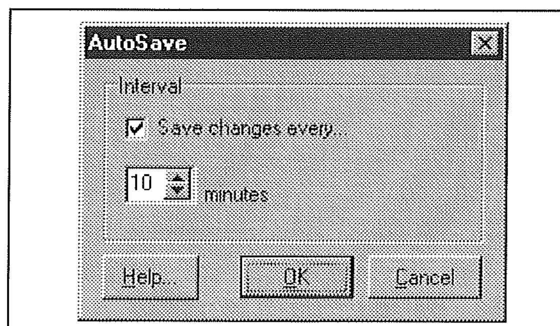
niet ondersteund. Een heel handige tool, want zoals we later zullen beschrijven kunt u op deze manier eigen fotorealistische onderdelen ontwerpen.

- ROT
  Met deze tool kunt u de BMP 90° draaien.
- Penseeltje
  Met het penseeltje vult u het geselecteerde object met een bepaalde kleur. Klikken op het kleurenvakje roept het standaard Windows-venstertje op, waarmee u een kleur kunt selecteren.
- Omranding
  Het vakje waar standaard 0,1 mm staat ingevuld, definieert de dikte van de rand rond het object. Met het kleurenvakje links daarvan kunt u de kleur van de rand bepalen.
- Afrondingen
  Met het afrondingstool, boven in de figuur, kunt u het object op diverse manieren afronden. In het vakje waar standaard 1,0 mm staat ingevuld, selecteert u de afrondingsstraal.

**Docking**
Een interessante eigenschap van Loch Master is dat u de twee toolbars naar eigen wens kunt organiseren. De verschillende tools die in de toolbars staan kunt u namelijk verslepen en op de plaats zetten waar zij voor u het meest logisch staan.

**Renumber**
Met de optie "Renumber" uit het menu "Components" hernummert u alle onderdelen die op het board zijn aangebracht. Dit is een nuttige optie bij ingewikkelde ontwerpen, waar u soms bepaalde onderdelen weer verwijdert. Hierdoor raakt het automatische nummeringssysteem uiteraard van slag. Als alle componenten definitief zijn aangebracht kunt u met deze optie snel even alles hernummeren. Het hernummeren lukt echter alleen als u bij de eigenschappen van alle onderdelen het "#" heeft laten staan.

**Auto save**
Met deze optie, zie figuur 3/8.9.23-27, uiteraard te vinden in het menu "File", kunt u uw project automatisch om de zoveel minuten laten opslaan. Om ongelukken te voorkomen worden deze backup-bestanden gesaved met de extensie .BAK. U kunt dergelijke bestanden echter zonder meer openen, waarbij de extensie automatisch wordt verandert in .RST.




**Figuur 3/8.9.23-27:** Met de Auto save optie maakt het programma regelmatig backup-bestanden van uw werk aan.

## Zelf onderdelen ontwerpen

**Inleiding**
De componenten bibliotheek van Loch Master bevat honderden symbolen van alle mogelijke onderdelen.

**8.9 Software voor de ontwerper**

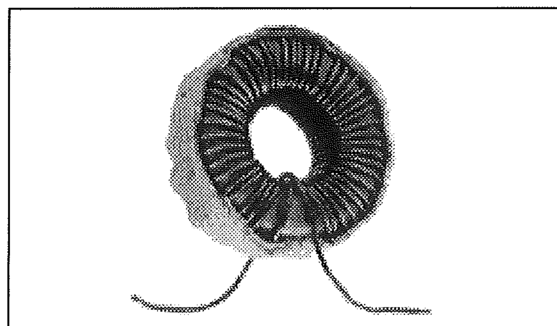



**Figuur 3/8.9.23-29:** Dank zij de uitgebreide zoekmogelijkheden van Google hebben wij binnen één minuut een mooie tekening van een ontstoorspoeltje gevonden.

Maar natuurlijk zult u af en toe toch een onderdeel nodig hebben dat niet voorradig is.
Geen probleem, want u kunt op een relatief eenvoudige manier zelf onderdelen aan de bibliotheek toevoegen. U kunt zo'n onderdeel tekenen met de in het programma aanwezige tekengereedschappen, maar dank zij de unieke mogelijkheid grafische BMP-figuren in te lezen kunt u ook uitgaan van een foto of tekening van het onderdeel.

### Een voorbeeld: een ontstoorspoeltje voor een dimmer

Als voorbeeld van de procedure zullen wij het onderdeel voor een toroidaal ontstoorspoeltje (zie figuur 3/8.9.23-28), onmisbaar in een dimmer, gaan ontwerpen.

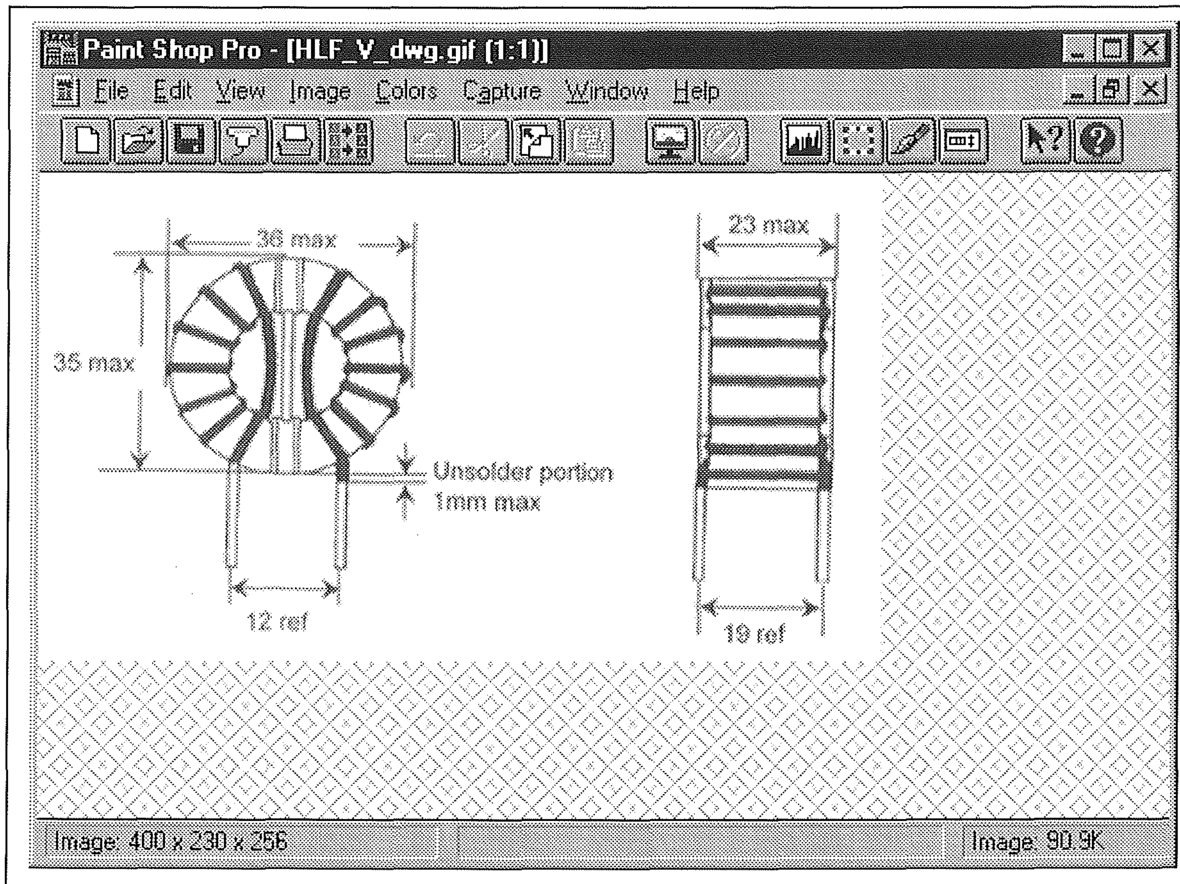


**Figuur 3/8.9.23-28:** Voor dit dimmer ontstoorspoeltje gaan wij een nieuw onderdeel voor de bibliotheek ontwerpen.

### Stap 1: een tekening zoeken

U kunt natuurlijk aan het tekenen gaan of met een digitale camera een mooi bovenaanzicht van de spoel maken. Maar waarom ingewikkeld doen als het gemakkelijk kan?

**8.9 Software voor de ontwerper**



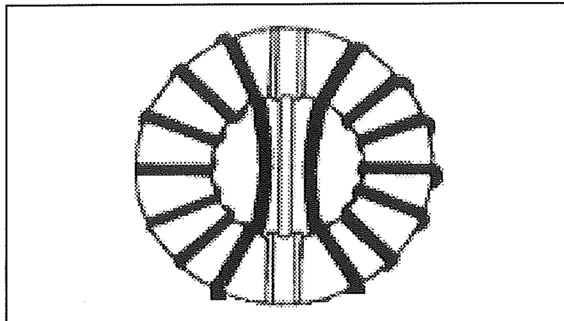

**Figuur 3/8.9.23-30:** Het van het Internet geplukte plaatje wordt in een grafische programma, bijvoorbeeld PaintShop Pro, geladen.

Wij hebben immers toegang tot het Internet, bron van alle wetenschap en kennis. Wij gaan naar www.google.nl en voeren als zoekterm "toroidal choke" in. Bovendien zoeken wij niet naar HTML-pagina's maar naar afbeeldingen. Al op de eerste pagina, zie figuur 3/8.9.23-29, hebben wij prijs. Een mooi getekend bovenaanzicht van ons spoeltje dat de basis van ons nieuw onderdeel gaat vormen. U kent de procedure van de Internet Explorer. Met de muis op het figuurtje gaan staan, de rechter muisknop indrukken en de optie "Afbeelding opslaan als..." aanklikken. De figuur wordt nu onder een door u opgegeven naam opgeslagen in een door u geselecteerde directory op uw harde schijf.

**Stap 2: de illustratie bewerken**

De illustratie is niet zonder meer geschikt voor ons doel. Dus moeten we een beroep doen op een grafisch programma. Wij zijn een beetje ouderwets en werken nog steeds bij voorkeur met versie 3.12 van PaintShop Pro. Als wij het plaatje in het programma hebben geladen, zie figuur 3/8.9.23-30, blijkt duidelijk dat we op de eerste plaats het bovenaanzicht van het spoeltje moeten vrijmaken en nadien alle overbodige tekst moeten verwijderen.

Als u goed overweg kunt met uw favoriet grafisch programma, heeft u vijf minuutjes later het resultaat van figuur 3/8.9.23-31 op uw scherm staan.



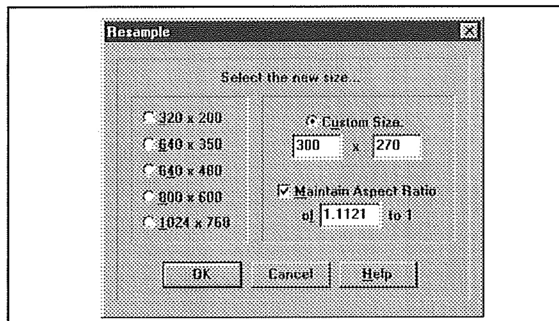
**Figuur 3/8.9.23-31:** Dit is de bedoeling: een mooi bovenaanzicht van het ontstoorspoeltje.

**Stap 3: de illustratie reduceren**

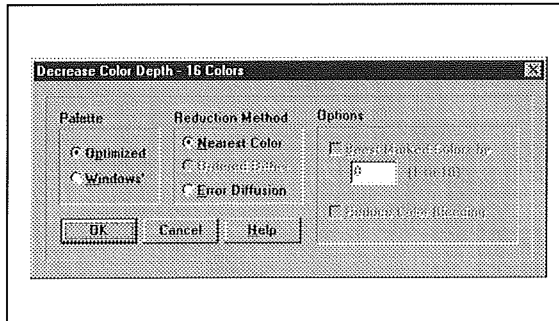
In principe kunt u een 24 bit kleurenfoto van 1.000 bij 1.000 pixels als basis van een nieuwe onderdeel gebruiken. Erg verstandig is dat natuurlijk niet. Het programma wordt er tergend langzaam door. Abacom adviseert de afmetingen van de bitmap's te reduceren tot maximaal 200 bij 200 pixels. Nu hoeft dit in dit voorbeeld niet, want de spoel is maar 119 bij 107 pixels groot. Maar heeft u een veel te grote illustratie, dan kunt u in PaintShop Pro met de optie "Resample" uit het "Image"-menu de illustratie tot de gewenste afmetingen reduceren, zie figuur 3/8.9.23-32.

Vervolgens moet u het aantal kleuren radicaal terugschroeven. Abacom adviseert maximaal 256 kleuren of grijstinten. In ons voorbeeld is zelfs dat teveel van het goede. Zestien grijstinten is voor dit soort eenvoudige illustraties goed genoeg.

Ook hiervoor heeft PaintShop Pro een handige optie, zie figuur 3/8.9.23-33. Ga naar het menu "Colors", kies de optie "Decrease Color Depht" en selecteer "16 Colors". Vul in het venster van figuur 3/8.9.23-33 "Optimized" en "Nearest Color" in.




**Figuur 3/8.9.23-32:** Met de optie "Resample" kunt u de afmetingen van de illustratie reduceren zonder noemenswaardig kwaliteitsverlies.




**Figuur 3/8.9.23-33:** In dit venster reduceert u de kleurendiepte tot een door Loch Master te behappen waarde.

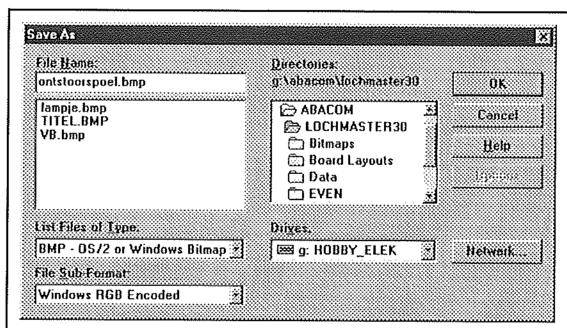
**Stap 4: opslaan van de illustratie**

Tot slot moet u de illustratie opslaan als BMP-bestand, zie figuur 3/8.9.23-34 en wel in de directory van Loch Master.

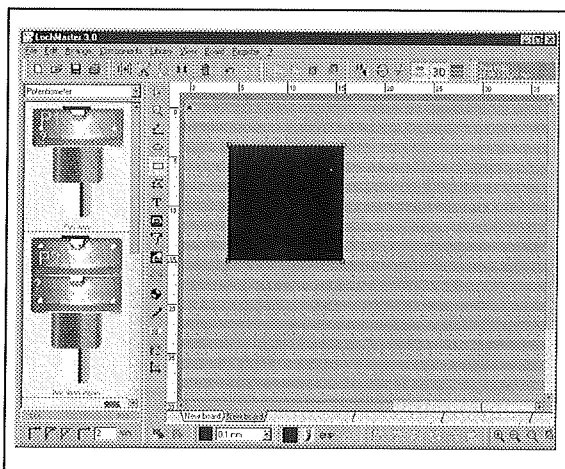
**Stap 5: het onderdeel ontwerpen**

U start nu Loch Master op en kiest een gaatjesboard. Het ligt voor de hand hiervoor board "GRID 5,08 MM, STRIPS, LMB" te selecteren. Vervolgens meet u

de afmetingen van het echte ontstoorspoeltje.



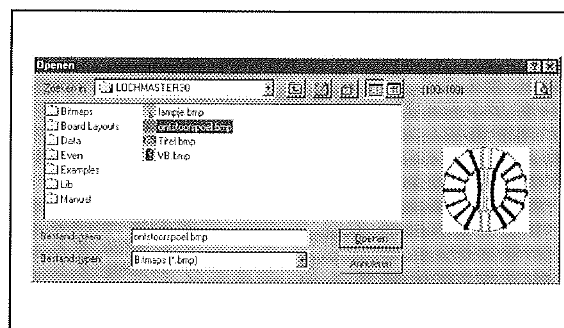

**Figuur 3/8.9.23-34:** Het opslaan van de kant-en-klare illustratie als BMP.



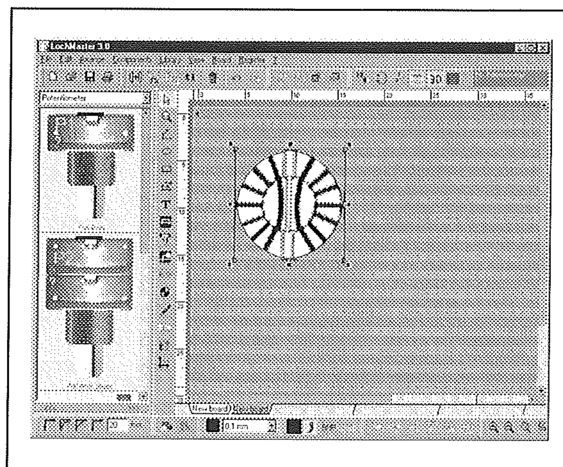
**Figuur 3/8.9.23-35:** De eerste stap in het ontwerpen van een component is het tekenen van een rechthoek of vierkant op ware grootte.

Belangrijk, want u moet natuurlijk het onderdeel op ware grootte op uw board kunnen monteren. Stel dat dit 30 mm bij 30 mm groot is. U selecteert nu het gereedschap "Draw rectangles" en tekent een vierkant van 30 mm bij 30 mm op het board, zie figuur 3/8.9.23-35. Rechts boven in het werkvenster ziet u de afmetingen van uw vierkant tot op 0,01 mm nauwkeurig.

Onder in het werkvenster ziet u de optie "BMP". Klik deze aan met als gevolg dat u het "Openen"-venster van figuur 3/8.9.23-36 in beeld krijgt. Selecteer het bestand "ontstoorspoel.bmp" en open dit.



**Figuur 3/8.9.23-36:** Via dit venster laadt u de illustratie van de ontstoorspoel in het getekende vierkant.



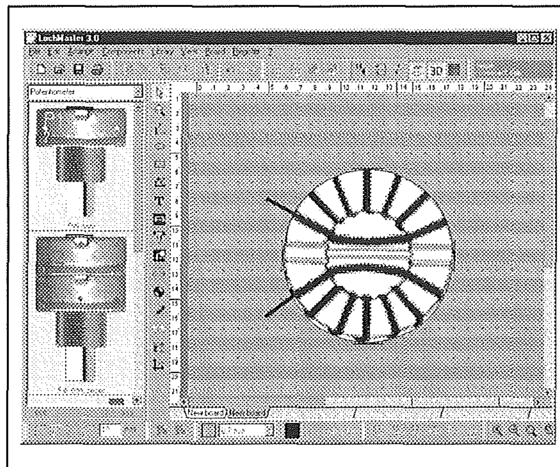
**Figuur 3/8.9.23-37:** Door de omranding van het getekende vierkant af te ronden met de juiste straal verschijnt de ontstoorspoel keurig op de gaatjesprint.

De illustratie van de ontstoorspoel wordt nu in het vierkant weergegeven. De achtergrond is echter nog wit. Links onder in het werkvenster treft u de vier opties aan om de omranding van het vierkant

**8.9 Software voor de ontwerper**

te bewerken. Kies hierbij de vierde optie "Rounding" en bepaal experimenteel de goede afrondingsstraal om de ontstoorspoel keurig op het board weer te geven, zie figuur 3/8.9.23-37.

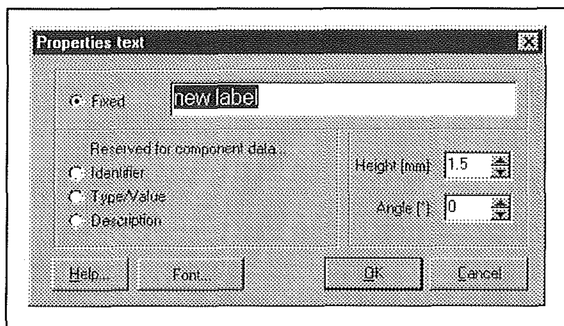
**Stap 6: maak er een echt onderdeel van**
U heeft nu wel een mooie ontstoorspoel op het board getekend, maar het is nog geen onderdeel, maar slechts een foto. De ontstoorspoel is immers nog niet voorzien van aansluitdraadjes die u in de print kunt "solderen" en dat is een basiseigenschap van een Loch Master onderdeel. Bovendien is het misschien wel zo handig om de vier hoekpunten van het onderdeel "ontstoorspoel" te laten inklikken op het gaatjesraster van het board. Wij beginnen met dit laatste. Verplaats de muiscursor naar een hoekpunt van de illustratie. Op een bepaald moment ziet u de tekst "Modify" verschijnen. Klik nu op de linker muisknop en verplaats het hoekpunt naar het dichtst bijzijnde gaatje in het board. Herhaal deze bewerking op de drie overige hoekpunten.
Vervolgens moet u de spoel voorzien van twee aansluitdraadjes die inklikken in twee gaatjes van de print. Kies onder in het werkvenster de optie "ROT" en roteer de spoel 90 graden. Selecteer nu in de gereedschapsbalk het werktuig "Draw component lead". De muiscursor verandert weer in een miniatuursoldeerboutje. Klik met de linker muisknop op een gaatje van het board, verplaats het soldeerboutje naar een van de draadeinden van de spoel en klik opnieuw. U heeft nu een van de twee aansluitdraden van de ontstoorspoel ontworpen. Herhaal deze bewerkingen voor de tweede aansluitdraad. Het resultaat is getekend in figuur 3/8.9.23-38.



**Figuur 3/8.9.23-38:** De ontstoorspoel is voorzien van twee aansluitdraadjes en wordt nu een echt Loch Master component.

**Stap 7: het onderdeel voorzien van tekst**
Natuurlijk moet u het nieuwe onderdeel voorzien van tekst. U kunt hier zowel een vaste tekst invoegen als een variabele tekst, die automatisch door Loch Master wordt vervangen door de eigenschappen van het onderdeel (zie later). Klik het gereedschap "Add text labels" in de gereedschapsbalk aan. De muiscursor wordt nu een potlood. Verplaats dit potlood naar de plek waar u een tekst bij het onderdeel wilt zetten. Na een klik op de linker muisknop verschijnt het venster van figuur 3/8.9.23-39 in beeld.
Klik eerst de optie "Fixed" aan en vul een alleszeggende beschrijving in, bijvoorbeeld "Ontstoorspoel". Met de selectievakjes "Height" en "Angle" kunt u de grootte en de hoek van de tekst instellen. Met de drukknop "Font" kunt u uiteraard een lettertype selecteren. Na een druk op de knop "OK" wordt de tekst bij uw onderdeel gezet.
Herhaal nu de procedure, maar vink het vakje "Fixed" niet aan. Selecteer in de plaats daarvan het vakje "Identifier". De

tekst <ID> verschijnt nu bij uw onderdeel. Later, bij het gebruik van uw nieuw onderdeel, zal Loch master deze <ID> automatisch vervangen door de zogenaamde identifier die u aan het onderdeel heeft toegekend, bijvoorbeeld L2. Op dezelfde manier kunt u eventueel automatisch het type en de beschrijving bij het onderdeel laten opnemen. Erg zinvol is dit niet, want te veel teksten op uw board maken uw ontwerp er niet overzichtelijker op.
Wij adviseren u dan ook alleen een vaste tekst en de identifier bij een nieuw onderdeel te vermelden.




**Figuur 3/8.9.23-39:** In dit venster vult u de teksten in die uw nieuw onderdeel gaan vergezellen.

### Stap 8: de onderdelen groeperen

De illustratie van de spoel, de twee componentendraadjes en de twee teksten zijn op dit moment nog los van elkaar staande onderdelen. Die moet u verenigen op de bekende manier. Trek met ingedrukte linker muisknop een vierkant rond de vijf onderdelen, klik op de rechter muisknop en selecteer "Build group". Hiermee is de ontstoorspoel een echt onderdeel geworden en kunt u het opslaan in een van de pagina's van de bibliotheek of er een nieuwe pagina voor aanmaken.

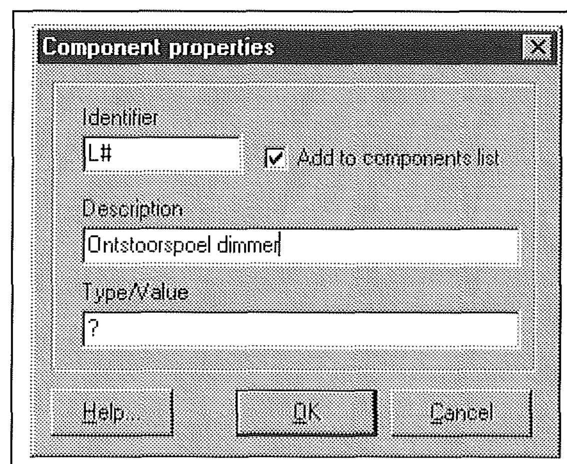
# Werken met bibliotheken

### Inleiding

We kunnen het voorbeeld van het nieuw ontworpen onderdeel goed gebruiken om u vertrouwd te maken met de handelingen die u met de onderdelen bibliotheek kunt uitvoeren.
Zoals bekend bestaat de onderdelen bibliotheek uit een groot aantal pagina's die ieder een unieke naam hebben, zoals "Batteries" of "Diodes". Via het menu "Library" kunt u deze onderdelen pagina's manipuleren.

### Onderdelen toevoegen

Stel dat u de ontstoorspoel wilt toevoegen aan de pagina "Transformatoren" van de bibliotheek. Open dan de pagina "Transformer (ring core)" uit de bibliotheek. Klik vervolgens met de rechter muisknop op de ontstoorspoel en selecteer de optie "Add to library".
Nu verschijnt het venstertje van figuur 3/8.9.23-40 in beeld, waarin u de eigenschappen van uw nieuw onderdeel moet invullen.




**Figuur 3/8.9.23-40:** Het vastleggen van de eigenschappen van het nieuwe onderdeel.

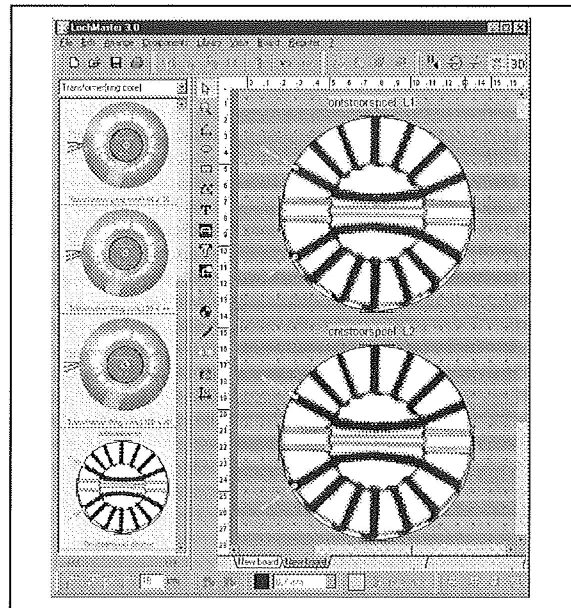
**8.9 Software voor de ontwerper**

- Identifier
  Hier vult u uiteraard L# in. De L stelt het symbool van een spoel voor, het hekje houdt in dat Loch Master de spoel opneemt in het automatische nummersysteem. Alle onderdelen met als identifier L worden dan automatisch doorgenummerd (L1, L2, L3, enzovoort) als u deze componenten op een board zet.
- Description
  Hier vult u een beschrijvende naam in, bijvoorbeeld "Ontstoorspoel dimmer".
- Type/Value
  In dit specifieke geval laat u hier het vraagteken staan, omdat het heel moeilijk is om in dit voorbeeld een standaard waarde in te vullen.
- Add to component list
  Als u deze optie aanvinkt wordt iedere ontstoorspoel die u op een board neerzet opgenomen in de onderdelenlijst die Loch Master automatisch genereert.

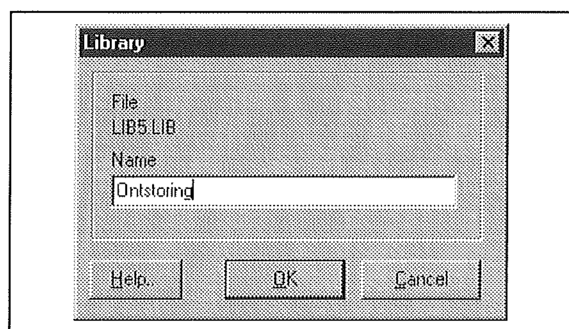
Na druk op de knop "OK" wordt de ontstoorspoel opgenomen bij de ringkern transformatoren, zie figuur 3/8.9.23-41. Vanaf nu staat dit onderdeel ter beschikking. In het voorbeeld ziet u meteen hoe de automatische nummering van Loch Master werkt. Wij hebben twee identieke ontstoorspoelen op een board gezet en zonder dat wij daar iets voor doen, vult Loch Master de Identifiers L1 en L2 in.

**Een nieuwe pagina aanmaken**

Het zou natuurlijk kunnen dat u vindt dat de ontstoorspoel niet bij de transformatoren hoort, maar bij een nieuwe pagina "Ontstoring". Ook dat is met Loch Master geen enkel probleem. Ga naar het menu "Library" en klik op de optie "New Page". Vul in het venster van figuur 3/8.9.23-42 de naam in van de nieuwe pagina van uw bibliotheek, bijvoorbeeld "Ontstoring".



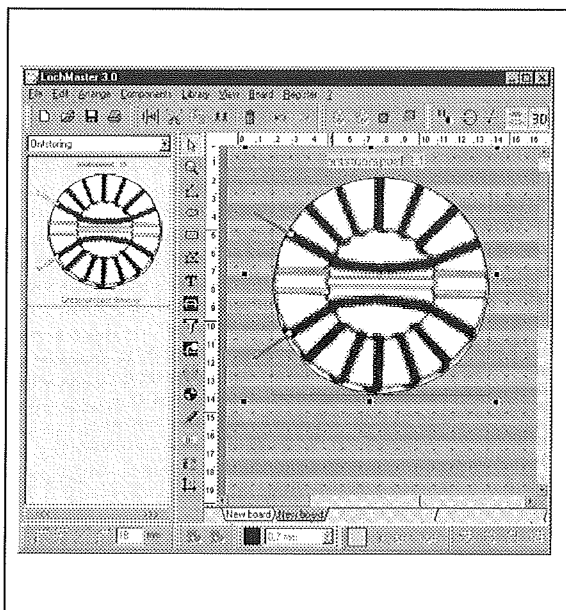
**Figuur 3/8.9.23-41:** Uw ontstoorspoel is toegevoegd aan de pagina "Transformer (ring core)" van uw bibliotheek en wordt meteen automatisch genummerd.




**Figuur 3/8.9.23-42:** Het aanmaken van een nieuwe pagina in de onderdelen bibliotheek.

In het linker bibliotheek venster verschijnt uw nieuwe lege pagina. Ga naar "Transformer (ring core)" en zet de ontstoorspoel op het board. Klik met de

rechter muisknop op de spoel en selecteer weer de optie "Add to library". De ontstoorspoel wordt nu opgenomen in uw nieuwe pagina "Ontstoring", zie figuur 3/8.9.23-43.



**Figuur 3/8.9.23-43:** De ontstoorspoel is opgenomen in uw nieuwe bibliotheek pagina "Ontstoring".

**Overige opties met bibliotheek pagina's**
Via het menu "Library" kunt u nog meer met de pagina's van de onderdelen bibliotheek.

- Delete page
  De actieve pagina wordt uit de bibliotheek gewist.
- Rename page
  U kunt de actuele pagina een andere naam geven.
- Component to top
  Het geselecteerde onderdeel uit de actuele pagina wordt als eerste in het venster opgenomen.
- Component to bottom
  Het geselecteerde onderdeel wordt als laatste in het venster opgenomen.
- Move component up
  Het geselecteerde onderdeel schuift één plaats naar boven.
- Move component down
  Het geselecteerde onderdeel schuift een plaats naar beneden.
- Delete component from library
  Het geselecteerde onderdeel wordt uit de pagina verwijderd.

**Opmerking**
Deze bewerkingen zijn ook toegankelijk via het pop-up venster dat verschijnt als u met de rechter muisknop op een onderdeel in de pagina klikt.

# Onderdelen manipuleren

**Inleiding**
De onderdelen in de pagina's van de bibliotheek zijn op zich niet meer te wijzigen. Maar wat als u na enige tijd werken met het programma vaststelt dat u de ontstoorspoel toch liever een andere naam had gegeven? Gelukkig kan dat en wel via het menu "Component".

**Een component toegankelijk maken**
Stel dat u de vaste tekst die u aan uw ontstoorspoel heeft toegekend wilt veranderen. Zet dan de spoel op het board, maakt het onderdeel actief en ga naar de optie "Split component" in het menu "Components". Het onderdeel wordt daarmee weer ontbonden in zijn elementen. Dat betekent dat de aan het onderdeel gekoppelde teksten en aansluitdraadjes weer afzonderlijk toegankelijk worden en dus kunnen worden gewijzigd. Soms moet u de optie "Split component" een paar maal toepassen om het onderdeel tot in zijn fundamenten op te splitsen. Nadien kunt u alle afzonderlij-

ke elementen bewerken, wijzigen, enzovoort.

### Wijzigingen klaar?

Heeft u alle wijzigingen in de elementen van een onderdeel doorgevoerd? Dan moet u er uiteraard weer een onderdeel van maken. Teken weer een rechthoekje rond alle elementen van het onderdeel en klik de optie “Build component” van het menu “Components” aan. Alle elementen worden weer verenigd tot een onderdeel dat u op de reeds beschreven manier in een van de pagina’s van de onderdelen bibliotheek kunt opnemen. Dat doet u met de optie “Add to library” van het menu “Components”.

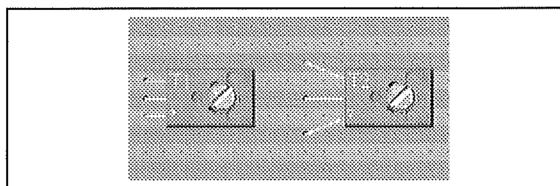
### Een voorbeeld

In figuur 3/8.9.23-44 is een mooie voorbeeld gegeven van de kracht van deze opties. Bij het besproken voorbeeld bleek dat voor transistor T3, de BD138, geen geschikt onderdeel in de bibliotheek kon worden gevonden. De drie pootjes van de transistor staan te dicht bij elkaar voor een board met een raster van 5,08 mm. Op de beschreven manier hebben wij dit onderdeel aangepast aan het board, namelijk door de drie aansluitdraadjes verder uit elkaar te zetten.

## De Component assistant

### Inleiding

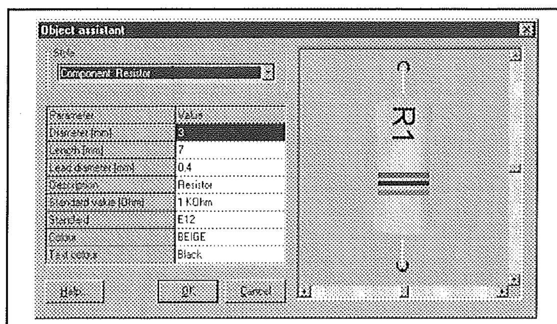
Het maken van een nieuw onderdeel op de beschreven manier is weliswaar heel leuk, maar ook nogal tijdrovend. Vandaar dat de programmeurs van Loch Master een snellere manier hebben verzonnen om bepaalde vaak gebruikte onderdelen een eigen smaakje mee te geven: de “Component Assistent”.



**Figuur 3/8.9.23-44:** Het aanpassen van een transistor aan een raster van 5,08 mm.

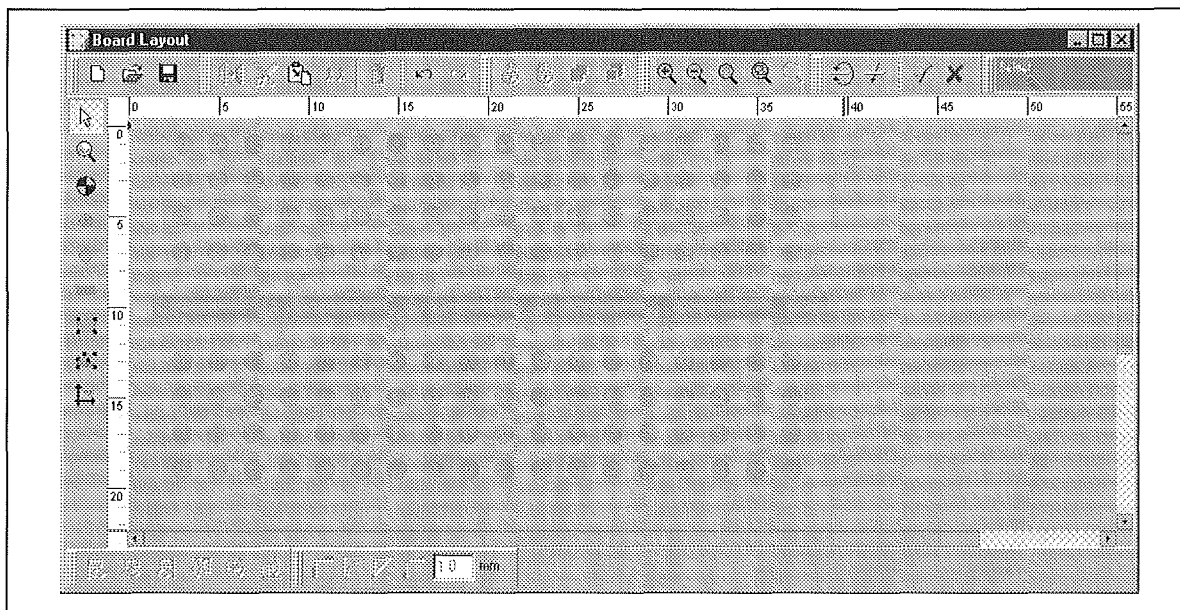
### Werkwijze

U start de “Component assistant” op door het werktuig in de werktuiglijst aan te klikken. In het venster van figuur 3/8.9.23-45 selecteert u een component dat u wilt bewerken, bijvoorbeeld “Resistor”. U ziet nu een lijstje met parameters verschijnen waar u een waarde aan kunt toekennen. U kunt bijvoorbeeld de diameter en de lengte van de weerstand snel veranderen. Bovendien kunt u de weerstand een standaard waarde geven, zoals 1 kΩ. Handig als u een schema op een board moet zetten waarin vaak een dergelijke weerstand wordt toegepast. Komt u in een schema een 2 W weerstand tegen, dan is de “Component assistant” een snel hulpmiddel om een weerstand met de juiste afmetingen op uw board te zetten. De vijf weerstanden van figuur 3/8.9.23-46 zet u in minder dan tien seconden op uw board.

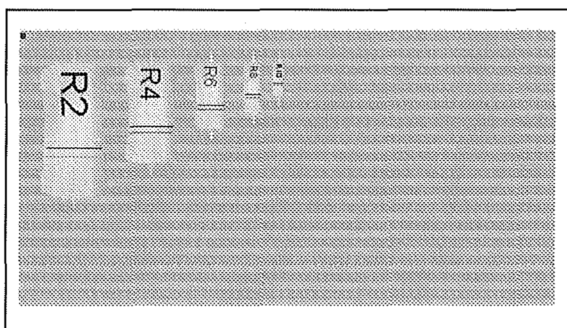



**Figuur 3/8.9.23-45:** Met de “Component assistant” ontwerp u snel standaard onderdelen.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.23-47:** Met deze "Edit board layout" ontwerpt u uw eigen strip boards.




**Figuur 3/8.9.23-46:** Vijf weerstanden met niet standaard afmetingen zijn met de "Component assistant" snel op een board gezet.

# Edit board layout

### Inleiding

Zoals reeds geschreven bevat Loch Master een groot aantal kant-en-klare ontwerpen van strip boards. Maar er worden veel meer soorten strip board aangeboden dan deze die in het programma aanwezig zijn.

Geen probleem, want met de optie "Edit board layout" kunt u zélf een leeg strip board ontwerpen en in de bibliotheek opslaan.

### Werkwijze

Na het aanklikken van de optie "Edit board layout" in het menu "Board" (of in de gereedschapsbalk) verschijnt het actuele board in een nieuw venster. U kunt nu dit board aanpassen of starten met een volledig leeg board, zie figuur 3/8.9.23-47. Dit laatste doet u door in de toolbar het meest linkse pictogram aan te klikken. Uit de werktuigbalk, links in het venster, kunt u de gereedschappen kiezen om uw board vorm te geven:

- Add drilling
  Hiermee maakt u boorgaatjes.
- Add pad with drilling
  Zet koperen eilandjes met een boorgaatje op uw board.
- Add pad
  Zet koperen eilandjes zonder boorgaatje op het ontwerp.

- Add track
  Met dit werktuig ontwerpt u koperen strips met een bepaalde instelbare breedte.
- Draw rectangles
  Hiermee tekent u grote koperen vlakken op het board.
- Draw polygons
  Ontwerp koperen veelvlakken op het board.

**Toevoegen aan bibliotheek**
Ontwerpje klaar? Dan kunt u het nieuwe board aan de Loch Master bibliotheek toevoegen onder een eigen naam. Het ontwerp wordt opgeslagen in de map "Board Layouts".

# Nadere informatie

De software van Abacom wordt in Nederland en België uit voorraad geleverd door:
Vego VOF
Postbus 32014, 6370 JA Landgraaf
Telefoon: 045-533.22.00
Fax: 045-533.22.02
E-mail: vego_vof@compuserve.com
Internet: www.vego.nl/abacom

## 8.9 Software voor de ontwerper

# 3/8.9.24

# Frontplaten ontwerpen met Abacoms Front Designer versie 2.0

## Inleiding

### Schema en print zijn klaar, hoe nu verder?

Als u zélf apparaten ontwerpt en bouwt staat nogal wat software ter uwer beschikking. Voor het netjes op papier zetten van het schema kunt u bijvoorbeeld een beroep doen op het in hoofdstuk 3/8.9.12 besproken programma "sPlan" van Abacom. Voor het ontwerpen van de print biedt hetzelfde Duitse bedrijf het in hoofdstuk 3/8.9.13 besproken "Sprint Layout" aan. Als u liever op strip board soldeert kunt u heel wat bereiken met "Loch Master", besproken in hoofdstuk 3/8.9.23.

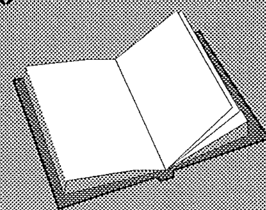
### Behuizing en frontplaat maken

Goed, de print is vol gesoldeerd, de schakeling is getest en werkt goed, nu komt het er op aan die elektronica in een mooi kastje onder te brengen. Behuizingen zijn te kust en te keur te koop, dat kan het probleem niet wezen. Gaten boren en gleuven frezen in het aluminium frontplaatje is voor u, een goed uitgeruste elektronicus, ook al geen probleem.
Maar het is wél de bedoeling dat dit frontplaatje voorzien wordt van belettering en symbolen, wil het eigen gemaakte product de concurrentie met fabrieksapparatuur aankunnen. En dát is een groot probleem want afstrijklettertjes en symbolen zijn onhandig (en steeds vaker niet meer te koop) en het kost heel wat moeite om alles netjes uitgelijnd op het aluminium te plakken.

### "Front Designer" van Abacom

Het reeds vaker genoemde Duitse softwarebedrijf heeft ook voor dít probleem een comfortabele oplossing gevonden. Voor een prijs van € 41,59 biedt Abacom het programma "Front Designer" versie 2.0 aan. Dat is een tekenprogramma, maar een dat geoptimaliseerd is voor het ontwerpen van frontplaten voor elektronische apparatuur. Een van de prachtigste opties van het programma is de "Scale assistant", waarmee u in no time schaalverdelingen rond draaipotentiometers, draaischakelaars en schuifpotentiometers kunt ontwerpen. Hiermee is

**LEES OOK:**
Hoofdstuk 3/8.9.12
Hoofdstuk 3/8.9.13
Hoofdstuk 3/8.9.23

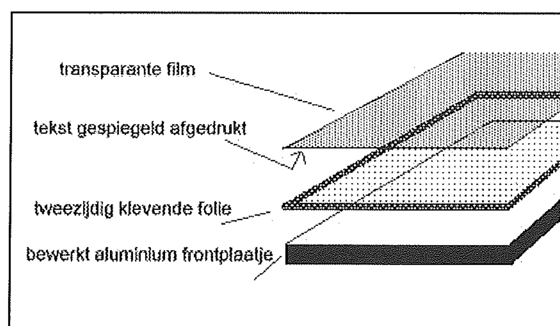


de vervelendste klus die komt kijken bij het ontwerpen van frontplaten in één klap opgelost.
Alleen deze schaal assistent is meer waard dan de prijs van het complete programma.

**De werkwijze**
De algemene werkwijze om met "Front Designer" een mooi frontplaatje te ontwerpen is in een aantal logische stappen uit te leggen.

- Maak een lijstje van alle potentiometers, schakelaars, in- en uitgangen en gaten die op de frontplaat moeten komen.
- Maak een schetsje op papier met de meest logische schikking van deze componenten.
- Zoek vervolgens een behuizing waarvan de frontplaat groot genoeg is.
- Ontwerp nu, aan de hand van het schetsje, de frontplaat met "Front Designer", uitgaande van een frontplaat met de juiste afmetingen.
- Dit ontwerp bestaat niet alleen uit de beschrifting en symbolisering van het frontplaatje, maar bevat ook alle te boren gaatjes en eventueel uit te frezen gleuven.
- Print in "Front Designer" de frontplaat af met alleen de boorgaten en freesoppervlakken.
- Plak deze afdruk op het frontplaatje van de behuizing, boor alle gaatjes en frees de gleuven uit.
- Werk nu het frontplaatje verder af, dus schuren en eventueel lakken in de gewenste kleur.
- Print vervolgens het frontplaat ontwerp **spiegelverkeerd** af op matte transparante folie op uw inkjet-printer. Deze folie is tegenwoordig overal te koop.
- Beplak het frontplaatje met transparante dubbelzijdig klevende film, te koop bij Conrad onder bestelnummer 529400-80.
- Strijk deze folie absoluut glad, zodat er geen luchtbellen aanwezig zijn.
- Leg het geprinte ontwerp van de frontplaat op een absoluut glad oppervlak, bijvoorbeeld een glazen plaat. De beprinte zijde van de folie moet boven liggen.
- Leg nu voorzichtig, maar wél resoluut de frontplaat met de zelfklevende film op de folie. Dat is natuurlijk de moeilijkste stap in het proces, want de randen van de frontplaat moeten natuurlijk heel precies samenvallen met de omranding van het geprinte ontwerp. Iedere millimeter afwijking is zeer storend en bovendien kan een iets verkeerd "gelegde" frontplaat niet meer teruggetrokken worden.
- Draai het geheel om en strijk alles goed glad.

Het resultaat is een prachtige frontplaat die, als alle stappen met de absoluut noodzakelijke aandacht en zorgvuldigheid zijn uitgevoerd, nauwelijks van een fabrieksproduct is te onderscheiden. Het proces is nog eens overzichtelijk samengevat in figuur 3/8.9.24-1.




**Figuur 3/8.9.24-1:** Het maken van een frontplaat met "Front Designer" grafisch voorgesteld.

**Specificaties**

Met “Front Designer” kunt u heel veel. Om in de stemming te komen geven wij u hier een kort overzicht van de belangrijkste specificaties van dit programma.

- Ondersteuning van frontplaten tot 60 cm bij 60 cm.
- Frontplaten worden opgeslagen in projecten, die diverse frontplaten kunnen bevatten, bijvoorbeeld front- en achterplaat van één apparaat.
- “Front Designer” beschikt over een uitgebreide bibliotheek met honderden symbolen, georganiseerd in 34 pagina’s.
- De meeste symbolen zijn uitgevoerd in vector-grafiek, geen kwaliteitsverlies bij het vergroten of verkleinen.
- Symbolen die u op een frontplaat plaatst kunnen worden verenigd tot een groep, die u met één klik van de muis op een andere plaats of andere frontplaat herplaatst.
- Eigen gemaakte symbolen kunnen met één klik van de muis in de bibliotheek worden opgenomen.
- Symbolen kunnen worden geroteerd onder iedere gewenste hoek.
- Alle standaard tekenfuncties, zoals lijnen, cirkels, rechthoeken en boogsegmenten zijn aanwezig.
- Illustraties in het standaard BMP-formaat van Windows kunt u op uw frontplaat opnemen, desgewenst met een transparante achtergrond.
- Via de “Font manager” kunt u alle attributen van een letter (naam, grootte, kleur) onder een eigen naam opslaan. Nadien kunt u deze gedefinieerde tekst met een klik op de muisknop aan de teksten op uw frontplaat toekennen.
- Hetzelfde geldt voor vullingen (Brush) en lijnsoorten (Pen).
- U kunt gemakkelijk uw frontplaat voorzien van afmetingen. Met letterlijk drie muisklikken tekent u een maatlijn tussen twee punten, het programma berekent de afstand tussen die punten en zet deze gecentreerd boven het maatlijntje.
- Uitgebreide printfunctie print niet alleen de compleet ontworpen frontplaat, maar desgewenst ook alleen het boor- en freespatroon.
- De twee toolbars met handige knoppen kunnen naar eigen wens worden ingericht en geconfigureerd.

**Systeemeisen**

“Front Designer” versie 2.0 stelt werkelijk minimale eisen aan uw systeem. Iedere versie van Windows vanaf 95 is goed, het programma neemt 10,7 MB ruimte op uw harde schijf in beslag.

**Installatie**

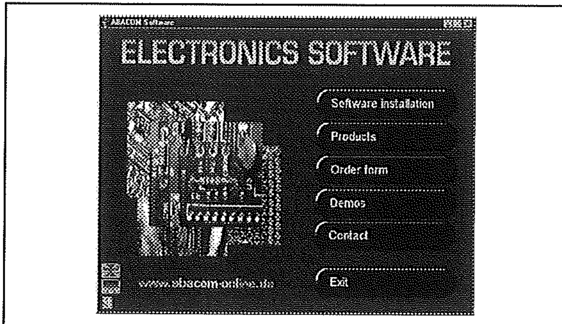
Na het inleggen van de CD-ROM verschijnt automatisch een openingsscherm, waarin u kunt kiezen voor Duitse of Engelse installatie van het programma, zie figuur 3/8.9.24-2.




**Figuur 3/8.9.24-2:** Het venster waarmee de installatie van "Front Designer" start.

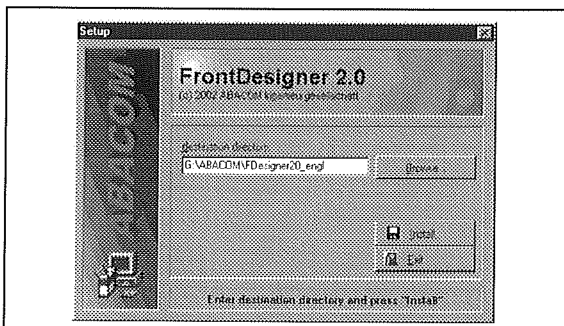
In deze bespreking wordt uitgegaan van de Engelstalige installatie. Na het aan-

klikken van de taalkeuze ziet u het venster van figuur 3/8.9.24-3 verschijnen. U klikt hierin uiteraard op de optie "Software installation".



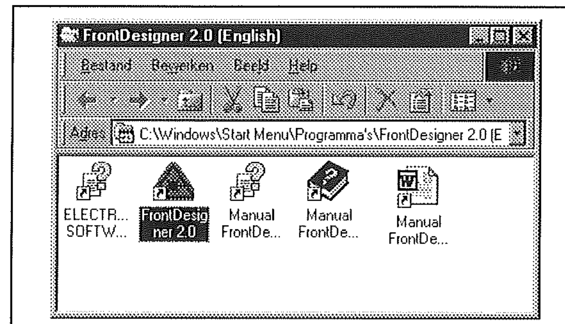

**Figuur 3/8.9.24-3:** In het volgende venster kiest u uiteraard voor "Software installation".

Vervolgens verschijnt het van Windows bekende venster "Front Designer Set-up Wizard". Na een klik op "Next" kunt u in het venster van figuur 3/8.9.24-4 de directory selecteren waarin het programma wordt geïnstalleerd. De "Set-up Wizard" maakt in deze directory automatisch een subdirectory "Fdesigner 20_engl" aan.




**Figuur 3/8.9.24-4:** Het selecteren van de installatie-directory.

Na een venster waarin u de "Start Menu Folder" kunt selecteren, zie figuur 3/8.9.24-5, verschijnt het venster "Ready to Install". Uw klik op de optie "Install" zorgt ervoor dat "Front Designer" versie 2.0 in een paar minuutjes wordt geïnstalleerd. U kunt nadien de CD-ROM weer opbergen.




**Figuur 3/8.9.24-5:** Vanuit dit venster kunt u het programma opstarten of een van de handleidingen bekijken.

**Het werkvenster van "Front Designer"**

Na het op de standaard Windows-manier opstarten van het programma verschijnt het werkvenster van figuur 3/8.9.24-6 in beeld. Wij hebben hier een van de voorbeelden die bij het programma worden geleverd, ingelezen.

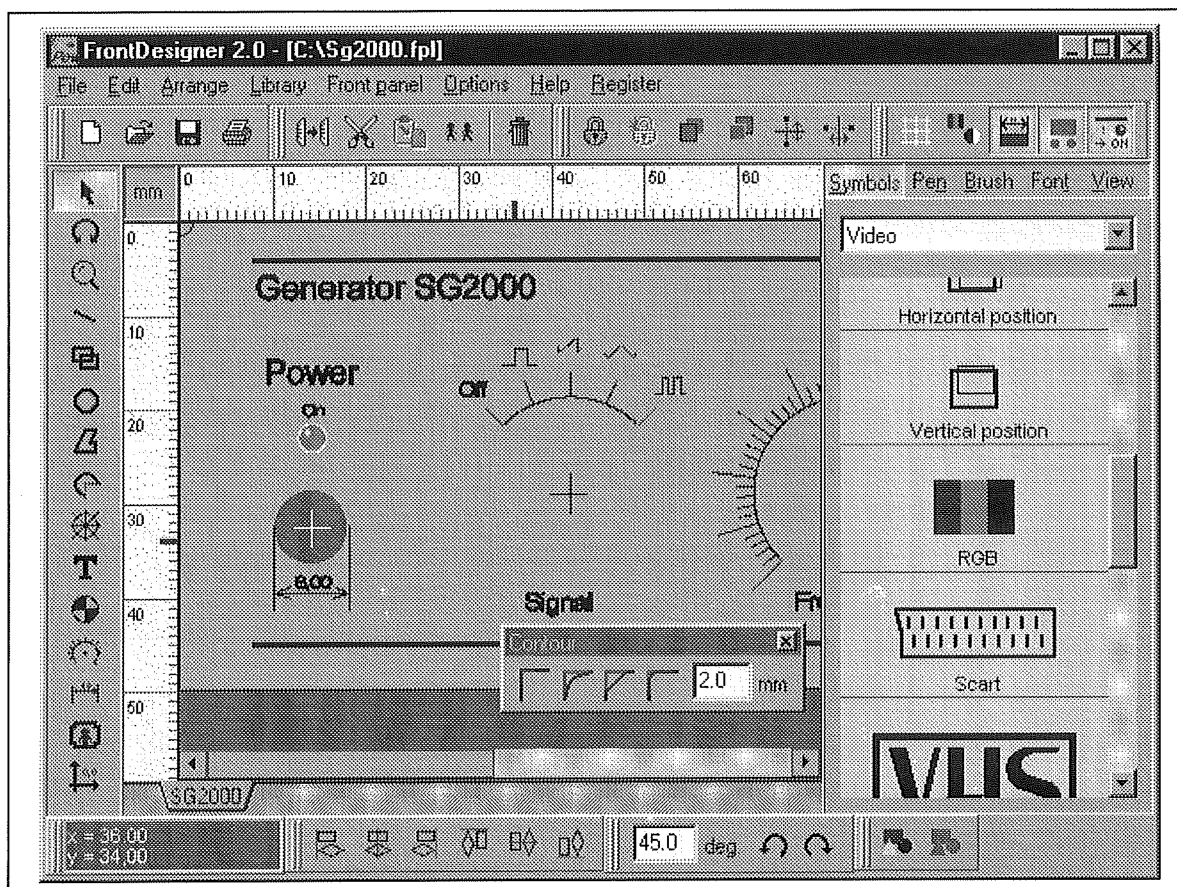
Het werkvenster is ingedeeld in zes gebieden.

Bovenaan ziet u de balk met de menu's:

- File;
- Edit;
- Arrange;
- Library;
- Front panel;
- Options;
- Help;
- Register.

Onder de menu's staat een eerste horizontale toolbar met handige knoppen. Het scrolbare rechter venster geeft u onder andere toegang tot de symbolen bibliotheek. Deze is ingedeeld in pagina's die ieder een aantal bij elkaar horende symbolen bevatten.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.24-6:** Het werkvenster van "Front Designer" versie 2.0.

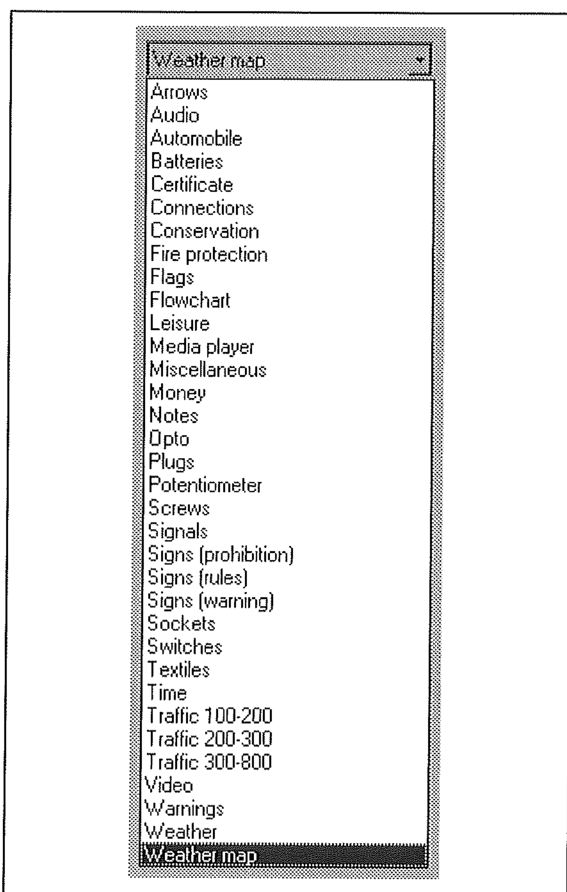
Links staat het venster waarin u vijftien pictogrammen ziet staan. Dit is de zogenoemde gereedschapsbalk, waar u het vaakst gebruik van zult maken. Onder deze drie onderdelen staat een tweede horizontale toolbar, waar weer een groot aantal nuttige knoppen staan.

# Belangrijke begrippen

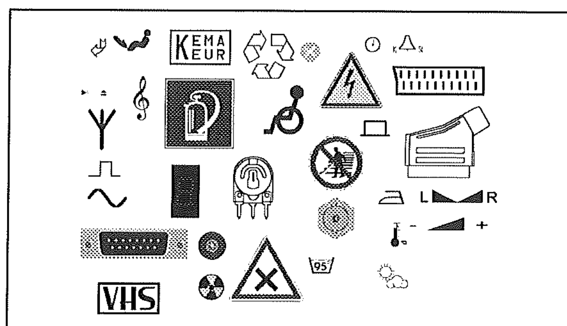
**Symbolen**

De symbolen zijn de belangrijkste onderdelen van het programma. Deze zult immers steeds weer nodig hebben om pictogrammen op uw frontplaten op te nemen. In figuur 3/8.9.24-6 ziet u rechts in beeld een vakje met het woord "Video" er in. Via de knop naast dit vakje krijgt u toegang tot alle pagina's waaruit de symbolenbibliotheek bestaat. Dat zijn er heel wat, zie figuur 3/8.9.24-7, en iedere pagina bevat tientallen symbolen.
Niet alle pagina's zult u gebruiken bij het ontwerpen van frontplaten voor elektronische apparaten, maar misschien krijgt u de smaak te pakken en gaat u het programma ook gebruiken voor andere ontwerpen, zoals pictogrammen in uw kantoor of winkel.
In figuur 3/8.9.24-8 hebben wij een twintigtal symbolen op één "frontplaat" verzameld. De onderlinge verhoudingen zijn af en toe een beetje raar, maar dat is

geen probleem want u kunt alle symbolen zonder kwaliteitsverlies vergroten of verkleinen.




**Figuur 3/8.9.24-7:** De 34 pagina's met symbolen.



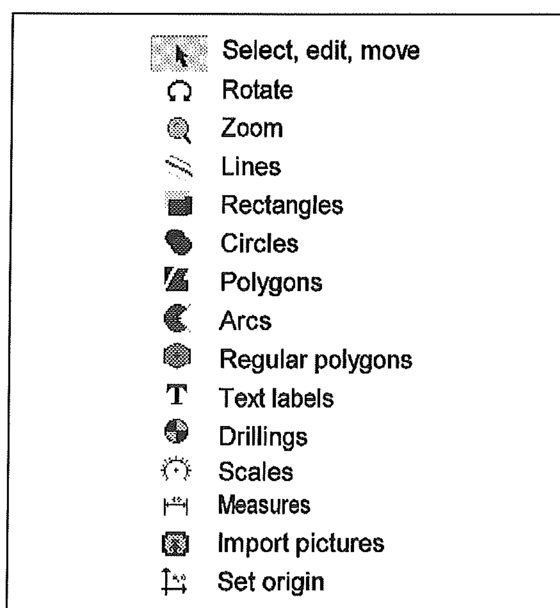

**Figuur 3/8.9.24-8:** Een twintigtal symbolen, geselecteerd uit de honderden die ter beschikking staan.

## Symbolen vergroten, verkleinen en verplaatsen

Als u met de linker muisknop in een symbool klikt, verschijnen er acht “handles” rond het symbool. Het symbool is nu geselecteerd en u kunt, door op de handels te gaan staan, de linker muisknop in te drukken en de muis te verplaatsen, het symbool vergroten of verkleinen.
Door in het actieve symbool te gaan staan en de linker muisknop ingedrukt te houden, kunt u het symbool verplaatsen.

## De gereedschapsbalk

De gereedschapsbalk, links in het werkvenster, zult u voortdurend gebruiken. Daarin staan immers alle pictogrammen die u nodig heeft bij het ontwerpen van een frontplaat. We hebben deze vijftien pictogrammen voorzien van hun functie en dit alles voorgesteld in figuur 3/8.9.24-9.

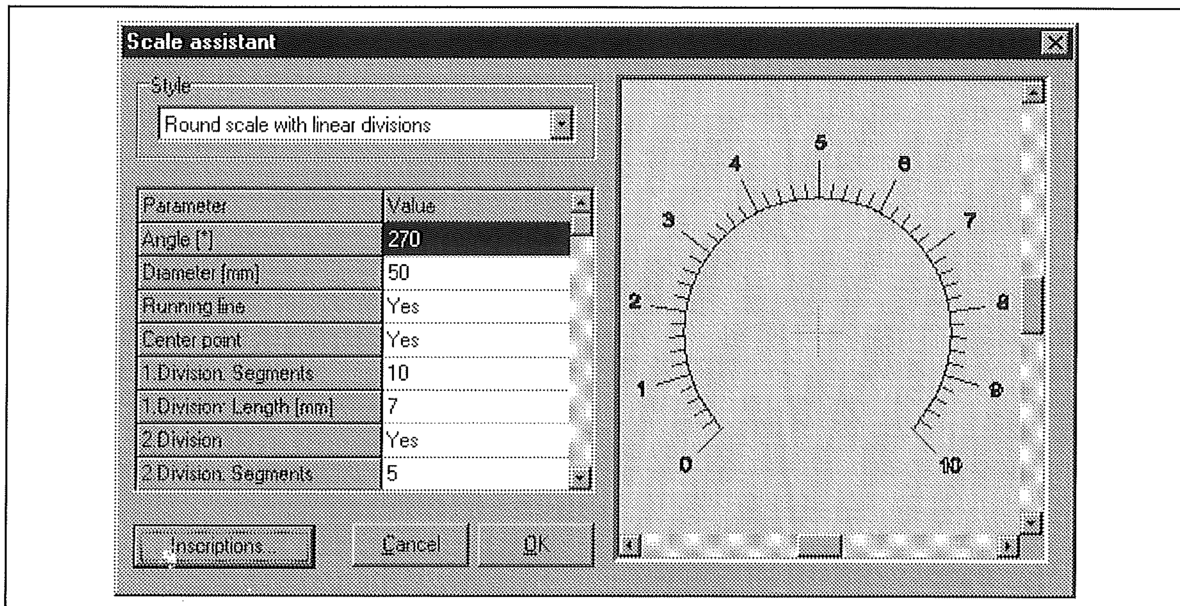



**Figuur 3/8.9.24-9:** De vijftien pictogrammen in de verticale gereedschapsbalk.

**8.9 Software voor de ontwerper**

- Select, edit, move
  Met deze mode selecteert u onderdelen op uw frontplaat waarmee u iets moet doen, bijvoorbeeld verwijderen, vergroten of verplaatsen.
- Rotate
  Met dit gereedschap kunt u geselecteerde objecten draaien.
- Zoom
  In deze mode wordt de cursor een vergrootglas en kunt u, door te klikken op de rechter of linker muisknop, in- of uitzoomen op uw ontwerp.
- Lines
  Met dit gereedschap tekent u lijnen op uw ontwerp. De muiscursor verandert in een potlood. U klikt met de linker muisknop op het beginpunt van de lijn. U verplaatst het potlood naar het eindpunt van de lijn of naar een hoekpunt en klikt weer met de linker muisknop. Is de lijn helemaal klaar, dan klikt u even met de rechter muisknop.
- Rectangles
  Gereedschap voor het tekenen van vierkanten en rechthoeken. U klikt met de linker muisknop in een hoekpunt van de rechthoek en tekent nadien met de muis de gewenste rechthoek. U sluit af met een hernieuwde druk op de linker muisknop. Met een druk op rechts verlaat u dit gereedschap.
- Circles
  Hiermee tekent u cirkels. U zet de cursor op het middelpunt van de cirkel en klikt met de linker muisknop om dit punt vast te leggen. Nadien tekent u met de muis een mooie cirkel en sluit af met een nieuwe druk op de linker muisknop. Met een druk op de rechter muisknop verlaat u dit gereedschap.
- Polygons
  Met dit gereedschap tekent u snel veelhoeken. U klikt met de linker muisknop in een hoekpunt van de figuur en tekent de veelhoek door de muis te verplaatsen naar ieder volgend hoekpunt en te klikken. Met een druk op de rechter muisknop wordt de veelhoek gesloten.
- Arcs
  Hiermee tekent u boogsegmenten. U start weer met een druk op de linker muisknop op het middelpunt van het boogsegment. Nadien tekent u de volle cirkel waartoe het segment hoort. Na een tweede druk op de linker muisknop kunt u nu die complete cirkel reduceren tot het gewenste boogsegment.
- Regular polygons
  Een handig tool voor het tekenen van regelmatige veelhoeken. U moet deze niet tekenen, maar in een extra venstertje vult u het aantal hoeken in, de straal en de hoekverdraaiing van de veelhoek ten opzichte van de horizontale as.
- Text labels
  Met dit gereedschap zet u teksten op uw frontplaat. U vult de tekst in een venstertje in, na druk op de knop "OK" wordt de tekst geplaatst. Overigens wordt de tekst met een vast lettertype en met een vaste grootte geplaatst. Voor het aanpassen van die attributen moet u de "Font manager" inschakelen, zie later.
- Drillings
  Met dit gereedschap "boort" u gaten in uw frontplaat. In een venstertje vult u de diameter van het gat in en plaatst dit nadien op de gewenste plaats. Boorgaatjes worden steeds in licht grijs op uw ontwerp gezet.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.24-10:** Met deze "Scale assistant" ontwerpt u snel schaalverdelingen rond bedieningsknoppen.

Via het gereedschap "View" (zie later) kunt u de boorgaatjes even snel uitschakelen. Ook bij het afdrukken van het ontwerp heeft u de mogelijkheid deze onderdelen van uw ontwerp wel of niet op papier (of folie) te zetten.

- Scales
  Het reeds even in de inleiding aangestipte gereedschap waarmee u werkelijk razendsnel potentiometers en schakelaars "belettert". Deze tool is zo belangrijk dat wij die in de volgende paragraaf uitgebreid bespreken.
- Measures
  Een handige tool om snel een maatlijn op uw ontwerp aan te brengen. Wij komen hier later op terug.
- Import pictures
  Hiermee importeert u natuurlijk illustraties, ook dit gereedschap wordt later gedetailleerd besproken.
- Set origin
  Met dit gereedschap stelt u het nulpunt in van de twee meetlatten die ieder punt van uw frontplaat een x- en y-waarde geven. U zet met de muis de nieuwe oorsprong, na een klik op de linker muisknop passen de schaalverdelingen op de twee meetlatten zich automatisch aan.

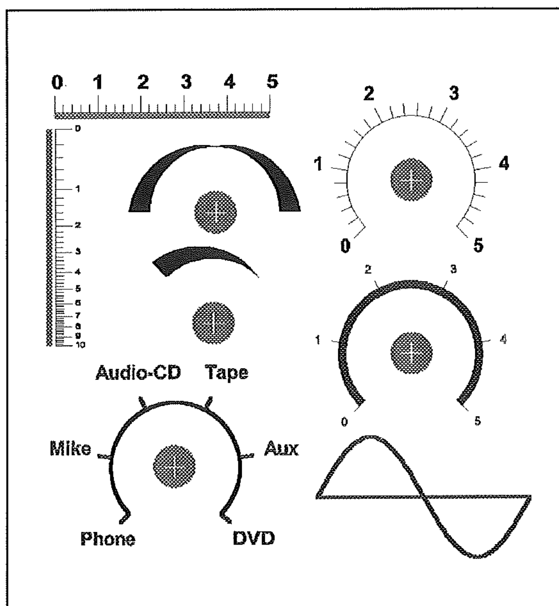
**Scales**

Na het klikken op dit gereedschap verschijnt het venster van figuur 3/8.9.24-10 in beeld, de zogenaamde "Scale assistant". Hiermee kunt u razendsnel heel mooie schalen ontwerpen voor draaipotentiometers, schuifpotentiometers en draaischakelaars. Om u een idee te geven hebben wij in figuur 3/8.9.24-11 acht schalen net deze assistent ontworpen. Een klusje van nog geen vijf minuten!

De schaalassistent biedt dertien voorgeprogrammeerde schaalontwerpen, die u op een heel eenvoudige manier helemaal aan uw wensen kunt aanpassen. In figuur 3/8.9.24-10 gaan we bijvoorbeeld

**8.9 Software voor de ontwerper**

de "Round scale with linear divisions" aanpassen, de ronde schaal met lineaire indeling. Na het selecteren van de gewenste schaal ziet u een aantal parameters verschijnen, waaraan u een bepaalde waarde ("Value") kunt toekennen.




**Figuur 3/8.9.24-11:** Acht ontwerpjes van schaalindelingen, ontworpen met de "Scale assistant".

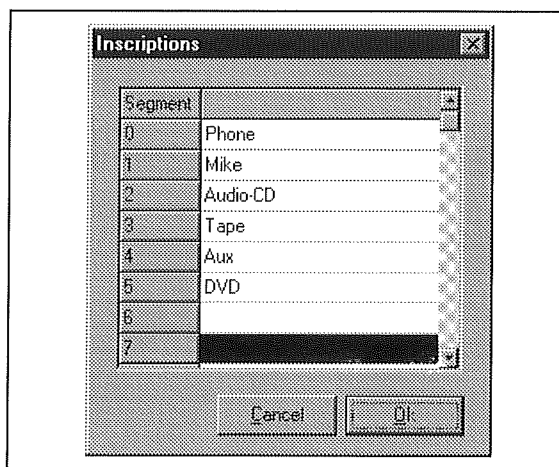
- Angle
  Deze parameter bepaalt over hoeveel graden de schaal wordt gespreid. De standaardwaarde is 270 °, een waarde die door de meeste fabrikanten van draaipotentiometers wordt aangehouden. U kunt uiteraard een afwijkende waarde invullen.
- Diameter
  Dat zal duidelijk zijn: hiermee bepaalt u de totale diameter van de schaalverdeling.
- Running line
  Een "Yes" of "No" parameter, waartussen u kunt kiezen door een druk op de spatiebalk. De "Running line" is de cirkelvormige lijn van de schaalindeling. Deze kunt u in of uitschakelen.
- Center point
  Als u hier voor "Yes" kiest verschijnt er een paskruisje in het middelpunt van de schaal. Dit kruisje kunt u gebruiken om een boorgat exact op de juiste plaats te positioneren.
- 1. Division: Segment
  Deze parameter bepaalt in hoeveel gelijke delen (segmenten) u de schaal wilt indelen. In dit geval hebben wij voor 10 gekozen.
- 1. Division: Lenght
  Deze parameter bepaalt de lengte van de radiale streepjes bij de segmenten.
- 2. Division
  Met "Yes" of "No" kunt u ervoor kiezen ieder segment van de schaalindeling wel of niet onder te verdelen.
- 2. Division: Segments
  Deze parameter bepaalt in hoeveel delen u ieder segment van de hoofdverdeling nog eens wilt onderverdelen.
- 2. Division: Lenght
  Hiermee bepaalt u uiteraard de lengte van de streepjes van de tweede onderverdeling van de schaal.
- Rotation
  Met deze parameter kunt u de gehele schaal een bepaald aantal graden rond de eigen as laten draaien.
- Inscription
  Ook een "Yes" of "No" keuze die bepaalt of er al dan niet tekst rond de schaal moet komen te staan.
- Text height
  Heeft u bij de vorige parameter "Yes" ingevuld, dan kunt u hier de hoogte van de tekst instellen.
- Distance
  Deze parameter bepaalt de afstand tussen de teksten en de streepjes van de schaalverdeling.

- Text angle
  Hiermee kunt u de tekst onder een bepaalde instelbare hoek weergeven. Een zeer belangrijke parameter als u verticale schalen voor schuifpotentiometers wilt ontwerpen. Dan moet u hier de tekst 90 ° draaien en nadien (als de schaal op de frontplaat staat) het gehele ontwerp van de schaal nog eens 90 ° draaien.
- Invert orientation
  Een "Yes" of "No" instelling die de schaal spiegelt. In het getekende voorbeeld loopt de schaal met de wijzers van de klok mee van 0 tot 10. Als u hier voor "Yes" zou kiezen, dan loopt de schaal van 10 tot 0 met de klok mee.

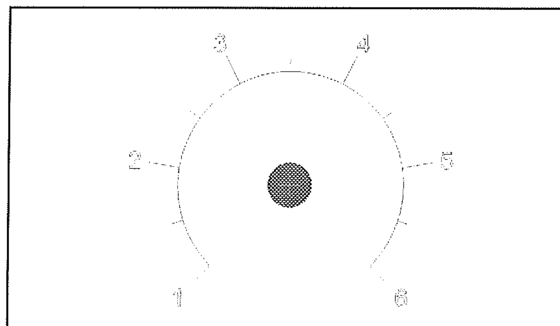
Uiteraard hebben niet alle schalen een dergelijke uitgebreide lijst met parameters.

**De optie "Inscriptions"**
Met deze optie van de "Scale assistant", zie figuur 3/8.9.24-12, kunt u aan ieder segment van de schaal een eigen tekst toekennen. De standaard indeling loopt van 0 tot en met het aantal segmenten dat u heeft gedefinieerd. Maar zoals uit deze figuur blijkt kunt u bijvoorbeeld op deze manier heel snel de schaal van een input-selector van een audioversterker voorzien van de namen van de geluidsbronnen.

**Opmerking**
Het is heel vreemd dat de ontwerpers van "Front Designer" er voor hebben gekozen de schalen uit te rusten met een outline-letter, dus een "lege" letter met alleen een omranding. In de praktijk zullen er maar weinig mensen te vinden zijn die dergelijke (lelijke) letter op een frontplaat willen zien, zie figuur 3/8.9.24-13. Ook de streepjes en het cirkelsegment zijn in feite te dun. Gelukkig is daar wat aan te doen met:
- de Pen manager;
- de Font manager;
- de Brush manager.




**Figuur 3/8.9.24-12:** Met de optie "Inscriptions" van de "Scale assistant" kunt u de teksten bij de segmenten van de schaal invullen.

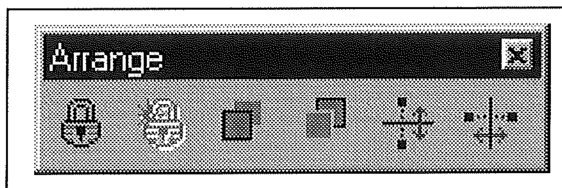



**Figuur 3/8.9.24-13:** De dunne outline-letters en de al even dunne streepjes vereisen dat u iedere schaal toch nog gaat nabewerken.

**Degroeperen en groeperen van symbolen**
Maar eerst even een zijsprongetje. Zoals reeds geschreven in de inleiding, werkt "Front Designer" met vector-grafiek. Dat betekent dat ieder symbool dat u op een

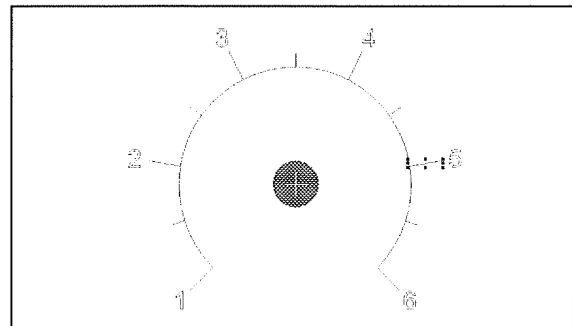
**8.9 Software voor de ontwerper**

frontplaat neerzet is opgebouwd uit een combinatie van rechte lijntjes, cirkels en boogsegmenten. Deze elementen worden gecombineerd tot een groep en u heeft geen toegang tot de afzonderlijke elementen van de groep. Maar u kunt zo'n groep degroeperen, waardoor u ieder element afzonderlijk kunt bewerken. Willen wij de lelijke schaal van figuur 3/8.9.24-13 gaan bewerken, dan moeten wij de schaal eerst degroeperen. Daarvoor staat het werktuig "Arrange" ter beschikking, zie figuur 3/8.9.24-14. U ziet links een gesloten en een open hangslot. Met het gesloten hangslot groepeert u vrije elementen tot een groep. Met het open hangslot degroepeert u een groep tot u uiteindelijk toegang krijgt tot alle elementen waaruit de groep is samengesteld.




**Figuur 3/8.9.24-14:** Met het werktuig "Arrange" kunt u onder andere groepen degroeperen en losse elementen groeperen.

Als wij dus de lelijke schaalindeling van figuur 3/8.9.24-13 willen verfraaien, dan moeten wij deze groep eerst volledig degroeperen. Activeer het werktuig "Select, edit, move" (zie figuur 3/8.9.24-9) en klik op de schaal. Rond de schaal verschijnen de acht "handles" die aangeven dat u de schaal heeft geselecteerd. Klik vervolgens op het open hangslot in het werktuig "Arrange". Vervolgens moet u deze handelingen een paar maal herhalen, tot u alle groeperingen heeft opgeheven en alle elementen van de schaal individueel toegankelijk zijn. Op dat moment kunt u letterlijk alle lijntjes waaruit de schaal is opgebouwd een na een selecteren, zie figuur 3/8.9.24-15.
We zijn nu klaar om met de drie reeds genoemde managers onze schaal te verfraaien.

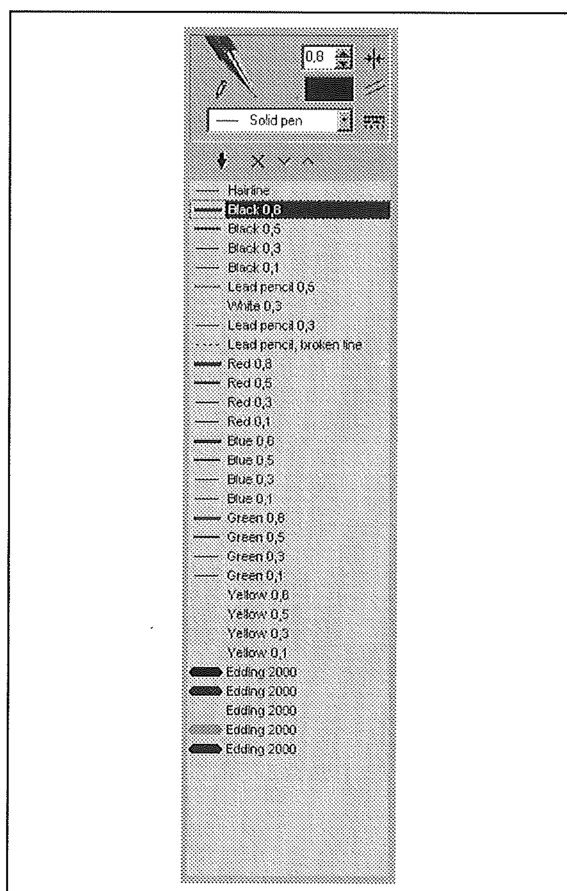



**Figuur 3/8.9.24-15:** Door een aantal keer op het open hangslot te klikken krijgen wij toegang tot alle elementen waaruit onze schaal is opgebouwd. In dit voorbeeld hebben wij het streepje van de schaalindeling "5" geselecteerd.

**De "Pen manager"**
Met deze manager, zie figuur 3/8.9.24-16, kunnen wij de lijntjes van onze schaal een mooier uiterlijk geven. Met deze manager kunt u drie parameters van een lijn definiëren:
- de dikte;
- de kleur;
- het soort lijn.

U stelt dit in met de drie knoppen in de kop van het venster. Nadien kunt u aan deze gedefinieerde lijn een eigen naam toekennen (knopje "↓"). Die naam wordt dan opgenomen in de lijst.
Zoals blijkt uit de illustratie hebben de makers van "Front Designer" dertig lijnen voorgedefinieerd, dat spaart u weer heel wat werk.

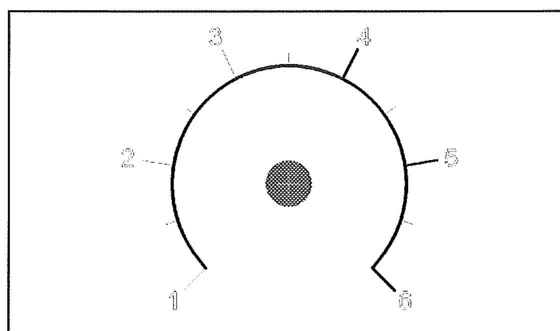
Met het knopje "×" kunt u een lijndefinitie uit de lijst verwijderen. Met de knopjes "▲" en "▼" kunt u een lijndefinitie in de lijst naar onder of naar boven verplaatsen.




**Figuur 3/8.9.24-16:** Met de "Pen manager" kunt u niet alleen lijnen definiëren, maar aan alle lijnen op uw frontplaat de parameters van een gedefinieerde lijn geven.

## Aanpassen van onze schaal

Met de "Pen manager" kunnen we de lijntjes van onze schaal van figuur 3/8.9.24-13 wat meer body geven, zie figuur 3/8.9.24-17. Klik bijvoorbeeld op het cirkelsegment en selecteer in de "Pen manager" de lijndefinitie "Black 0,8". Klik vervolgens op het potloodpictogram boven in het venster van de "Pen manager". Het cirkelsegment neemt nu de parameters van de geselecteerde lijn over, dus 0,8 mm dik, zwart en "Solid pen". Op deze manier kunt u alle lijntjes van de schaal volledig naar eigen wens configureren.




**Figuur 3/8.9.24-17:** Met de "Pen manager" kunt u de lijntjes van de schaal aan uw eigen smaak aanpassen.

## "De "Font manager"

Met de "Font manager", voorgesteld in figuur 3/8.9.24-18, kunt u op een identieke manier de parameters van een tekst instellen en deze nadien bewaren. Een tekst heeft uiteraard meer parameters dan een lijn:

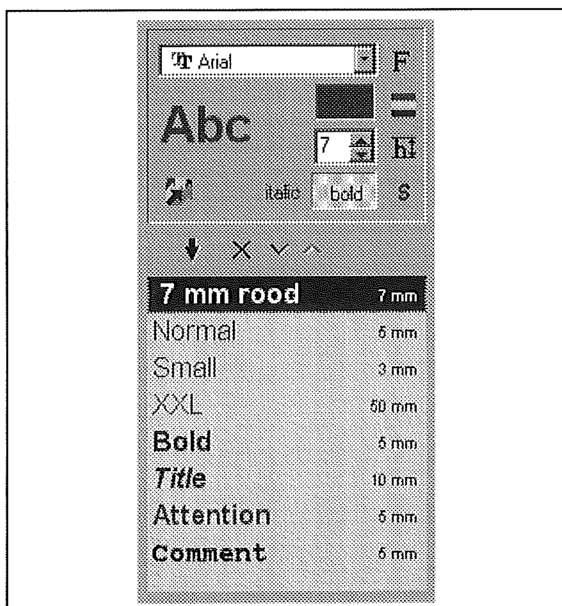
- fontnaam;
- kleur;
- hoogte;
- vet/mager ("bold");
- romein/cursief ("italic").

Op de reeds bij de "Pen manager" beschreven manier kunt u een gedefinieerde tekst onder een eigen naam in het lijstje opnemen.

## De tekst van onze schaal aanpassen

De volgende stap zal nu wel duidelijk zijn. Als u de tekst rond de schaal van figuur 3/8.9.24-13 een ander uiterlijk wilt geven, dan selecteert u de cijfers rond de

schaal, klikt in de lijst van de "Font manager" de gewenste lettersoort aan en klikt vervolgens op de knop "Assign all" (pictogram met de vijf pijltjes er in). Met de vier knoppen rechts in het venster van de "Font manager" kunt u alleen het betreffende attribuut aan de tekst toekennen.



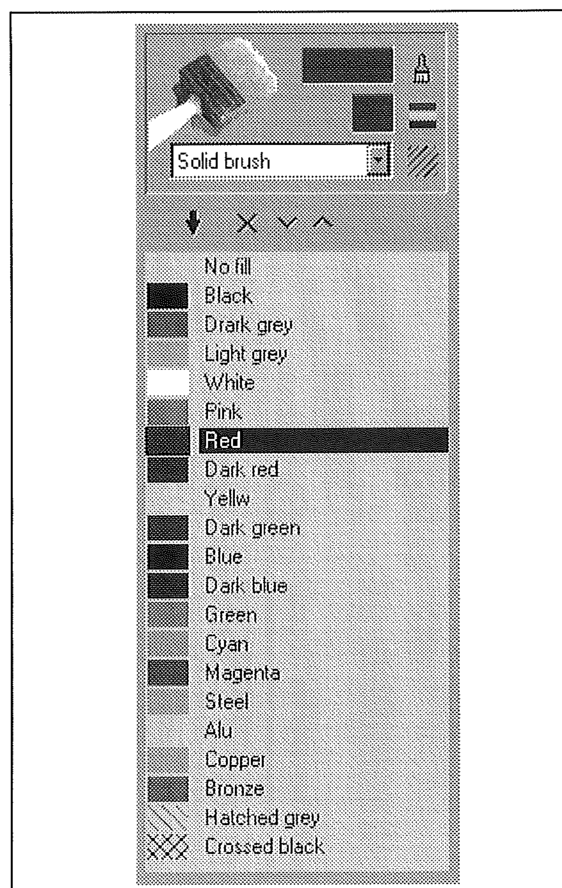

**Figuur 3/8.9.24-18:** Met de "Font manager" definieert u alle parameters van een tekst.

## De "Brush manager"

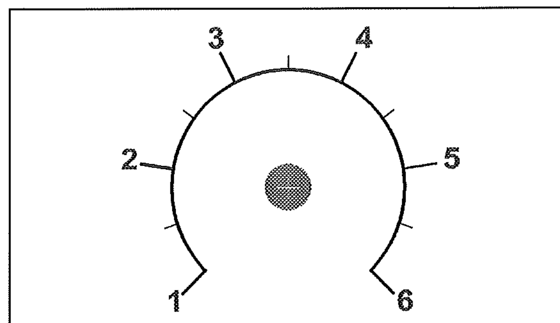
De "brush manager" van figuur 3/8.9.24-19 zal nu wel gesneden koek zijn: u definieert er vullingen mee, waarmee u letters en oppervlakken kunt vullen. U kunt hier alleen de kleur en het soort vulling definiëren. Naast solide vulling staan diverse arceringen ter beschikking.

## Onze schaal afwerken

Met de "Brush manager" kunt u tot besluit de schaal van figuur 3/8.9.24-13 afronden. U klikt alle cijfers aan, selecteert de gewenste vulling uit de lijst en klikt op het pictogram van het borsteltje. Het resultaat van de complete schaal is voorgesteld in figuur 3/8.9.24-20.




**Figuur 3/8.9.24-19:** Met de "Brush manager" definieert u patronen en kleuren.

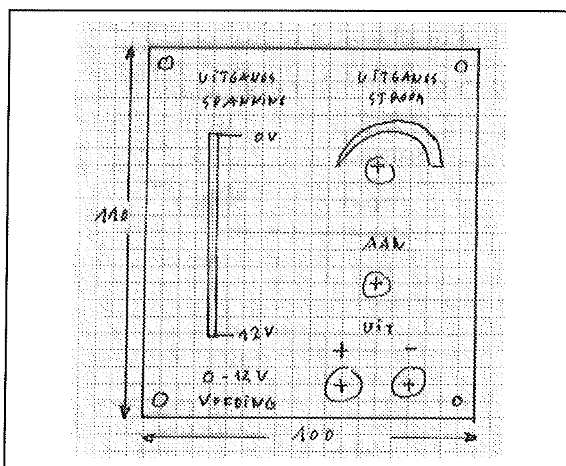



**Figuur 3/8.9.24-20:** De kale schaal van figuur 3/8.9.24-13 is volledig aan de eigen wensen aangepast.

# Aan de slag

## Een eenvoudige frontplaat als voorbeeld

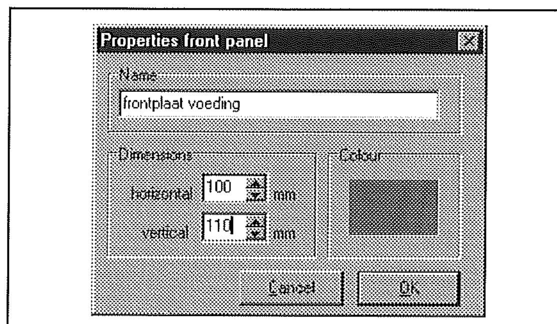
Hiermee hebben wij lang niet alle functies en opties van "Front Designer" versie 2.0 behandeld. Maar in plaats van al deze opties een na een te beschrijven gaan wij, samen met u, het programma verkennen aan de hand van een zeer eenvoudig voorbeeld. In figuur 3/8.9.24-21 is een eenvoudig frontplaatje uit de losse hand geschetst en het is de bedoeling dat wij dit netjes gaan natekenen met het programma. Het gaat over een eenvoudige gestabiliseerde voeding, waarvan we met een schuifpotentiometer de uitgangsspanning tussen 0 V en 12 V kunnen instellen. Met een draaipotentiometer kunnen we de maximale stroom instellen. Onder deze knop staat een tuimelschakelaar, waarmee we het apparaatje kunnen in- en uitschakelen. Tot slot zijn er nog twee 4 mm busjes voor de uitgangsspanning en vier schroefgaten waarmee we het frontplaatje in de behuizing kunnen bevestigen.




**Figuur 3/8.9.24-21:** Het schetsje van een frontplaatje dat we met "Front Designer" gaan ontwerpen.

### Stap 1: een nieuw project starten

Start "Front Designer" op, ga naar het menu "File" en selecteer "New". Het programma reageert met het venster van figuur 3/8.9.24-22, waarin u de naam van de frontplaat, de afmetingen en de achtergrondkleur kunt instellen.




**Figuur 3/8.9.24-22:** In dit venster stelt u de afmetingen van de frontplaat, de naam en de achtergrondkleur in.

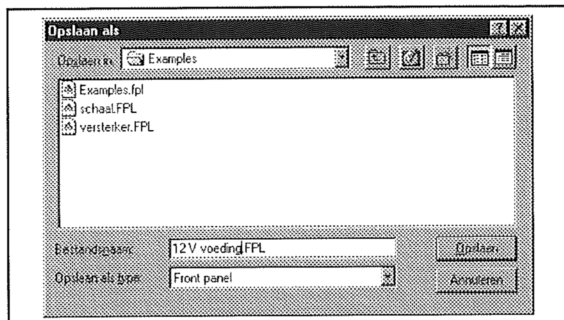
### Stap 2: uw ontwerp een naam geven

"Front Designer" slaat uw frontplaat op als project. In ieder project kunt u meer dan een frontplaat opnemen, bijvoorbeeld voor- en achterplaat van een apparaat. U heeft in stap 1 weliswaar een naam ingevoerd, maar dat is de naam van het specifieke frontplaat ontwerp, het project heeft nog geen naam. Ga dus naar het menu "File"en kies "Save as". In het venster van figuur 3/8.9.24-23 kunt u nu het gehele project een naam geven, bijvoorbeeld "12 V voeding". Projecten worden opgeslagen met de extensie .FPL, een eigen formaat van het programma dat u alleen in "Front Designer" kunt inlezen.

### Stap 3: het magnetisch raster instellen

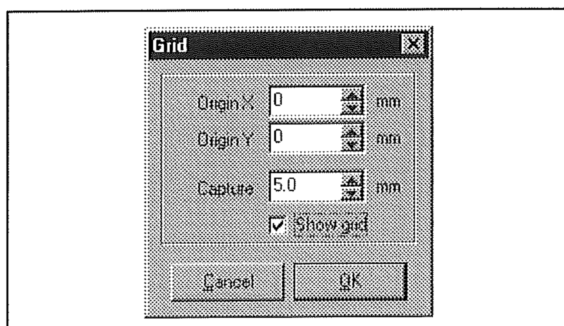
Zoals de meeste tekenprogramma's beschikt ook "Front Designer" over een magnetisch raster.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.24-23:** In dit venster definieert u de naam van het project waar u in gaat werken.

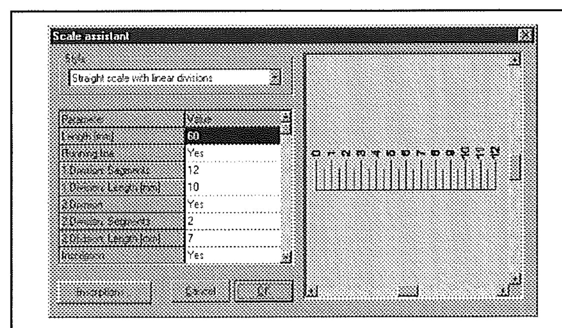
Als u dat inschakelt, dan kunt u symbolen niet op iedere plaats neerzetten, maar alleen op de snijpunten van het raster. Een handige functie waarmee u er voor zorgt dat symbolen die uitgelijnd moeten worden ook écht uitgelijnd in het ontwerp verschijnen. Ga dus naar het menu "Options" en selecteer "Grid". In het venster van figuur 3/8.9.24-24 vult u een "Capture" van 5 mm in en klikt de knop "Show grid" aan. De "Origin" kunt u op "0-0" laten staan.




**Figuur 3/8.9.24-24:** Het instellen van het magnetisch raster.

### Stap 4: de schuifpotentiometer ontwerpen

U opent de "Scale assistant" van figuur 3/8.9.24-10 en kiest als "Style" voor "Straight scale with linear divisions". De "Length" stellen we in op 60 cm (meet even voor de zekerheid de schuiflengte van uw schuifpotentiometer op). Met "1. Division: Segments" verdelen we de schaal in twaalf segmenten. Met "1. Division: Lenght" bepalen we de lengte van de segmentstreepjes naast de schaal. Deze lengte hangt af van het soort knop dat u op de schuifpotentiometer gaat zetten. De streepjes moeten uiteraard langer zijn dan de breedte van de knop. Met "2. Division" "Yes" geven we aan dat we de segmenten nog verder willen indelen. Bij de volgende parameter "2. Division: Segments" geven we een waarde van "2" in en maken met "2. Division: Length" deze streepjes 7 mm lang. In de parameter "Text angle" vullen we 90 ° in. Het resultaat is voorgesteld in figuur 3/8.9.24-25.

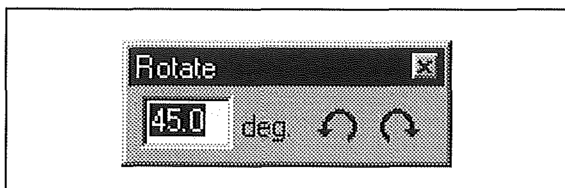



**Figuur 3/8.9.24-25:** De schuifpotentiometer voor het instellen van de uitgangsspanning is ontworpen.

### Stap 5: de potentiometer op de frontplaat zetten en roteren

Na een druk op "OK" in het venster van figuur 3/8.9.24-25 wordt de potentiometer op uw frontplaat geplaatst. Maar natuurlijk moeten we het onderdeel nog 90 ° draaien. Daarvoor staat het werktuig "Rotate" ter beschikking, zie figuur 3/8.9.24-26. Maak de potentiometer actief en klik twee maal op het pictogram voor rotatie met de klok mee. De poten-

tiometer staat dan in de juiste stand op de frontplaat en vervolgens is het een kwestie om het onderdeel, met ingedrukte linker muisknop, naar de juiste positie te verplaatsen.




**Figuur 3/8.9.24-26:** Met het werktuig "Rotate" kunt u onderdelen in stappen van 45 graden verdraaien.

### Stap 6: de draaipotentiometer ontwerpen

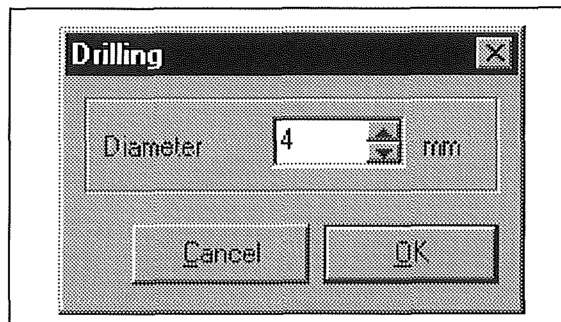
Op een identieke manier kunt u de schaal van de draaipotentiometer ontwerpen. Kies in de "Scale assistant" de "Style" "Increasing arc" uit.

### Stap 7: de 4 mm uitgangsbussen plaatsen

Activeer in het werkscherm de symbolenbibliotheek door middel van de optie "Symbols" en selecteer de pagina "Sockets". Plaats nu de twee 4 mm bussen door deze aan te klikken in de lijst en op de juiste plaats op de frontplaat te zetten.

### Stap 8: boorgaatjes plaatsen

Activeer in de linker gereedschapsbalk de optie "Drillings" (zie figuur 3/8.9.24-9) en plaats de vier bevestigingsgaatjes in de hoeken van de frontplaat. Via het automatisch openend venster van figuur 3/8.9.24-27 kunt u de diameter van het gat instellen. Plaats op dezelfde manier de boorgaten voor de assen van de draaipotentiometer en de tuimelschakelaar en de gaatjes voor de bevestiging van de twee 4 mm bussen.




**Figuur 3/8.9.24-27:** In dit venstertje vult u de diameter van een boorgat in.

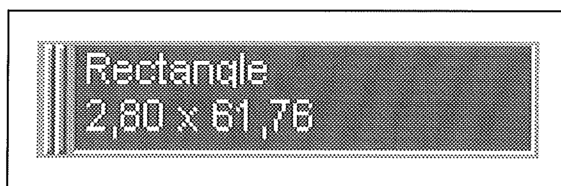
### Stap 9: de gleuf voor de schuifpotentiometer plaatsen

We hebben nu wél de schaal voor de schuifpotentiometer op het frontje staan, maar naast die schaal moet uiteraard een gleuf uitgefreesd worden. Het is verstandig om deze ook op de frontplaat op te nemen. Kies het gereedschap "Rectangles" (zie figuur 3/8.9.24-9) en probeer een rechthoek te tekenen van 62 mm hoog en 3 mm breed. Dat lukt niet, want de getekende rechthoek klikt alleen in op het magnetisch raster dat wij op 5 mm hebben ingesteld.

### Belangrijke opmerking over het magnetisch raster

Het zal vaker voorkomen dat u iets moet plaatsen dat niet in het klikpatroom van het magnetisch raster valt. Geen probleem, want "Front Designer" heeft daar een gemakkelijke remedie op gevonden. Als u een onderdeel selecteert met de linker muisknop en met ingedrukte linker muisknop op de "Shift"-toets van uw toetsenbord drukt, dan wordt het magnetisch raster uitgeschakeld en kunt u onderdelen op iedere gewenste plaats neerzetten. Op deze manier kunt u de rechthoek precies 3 mm breed en 62 mm hoog maken en hem precies naast de schaal zetten.

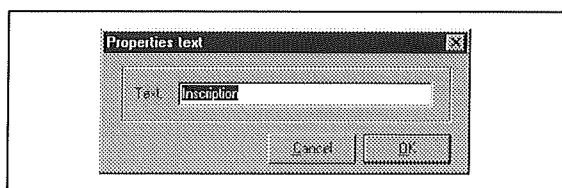
In het maatvakje, links onder in het werkvenster, ziet u de preciese afmetingen van de rechthoek, zie figuur 3/8.9.24-28.




**Figuur 3/8.9.24-28:** In het maatvakje in de linker onderhoek van het werkvenster ziet u de afmetingen van de objecten die u ontwerpt of de positie van de cursor.

### Stap 10: teksten aanbrengen

Met het werktuig “Text labels” (zie figuur 3/8.9.24-9) kunt u vervolgens uw frontplaat van teksten voorzien. Klik ergens in de frontplaat. In het venstertje van figuur 3/8.9.24-29 vult u de te plaatsen tekst in. Na druk op “OK” kunt u de tekst op de juiste plaats zetten. Zeker bij het plaatsen van de tekst zult u vaak gebruik moeten maken van de “Shift”-functie waarmee u het magnetisch raster uitschakelt.



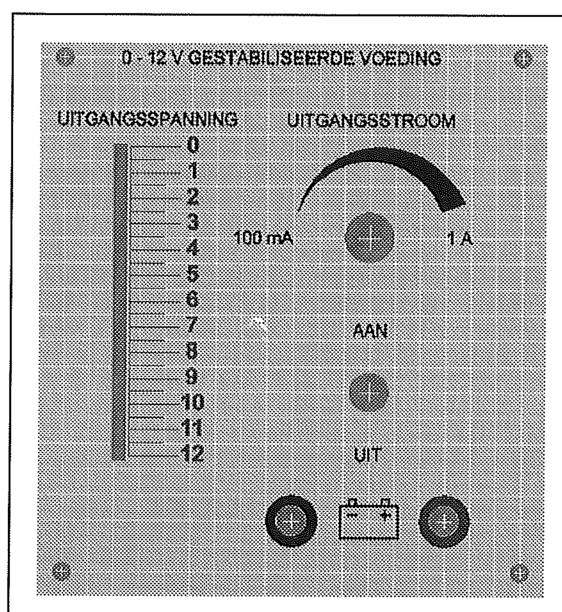

**Figuur 3/8.9.24-29:** In dit venster vult u de tekst in die u op uw frontplaat wilt plaatsen.

### Stap 11: laatste werkzaamheden

Alles staat nu op uw frontplaatje, wellicht is het echter nodig bepaalde teksten en lijnen nog aan te passen. Dat kan via de reeds besproken opties “Font manager” en “Line manager”.

### Het eindresultaat

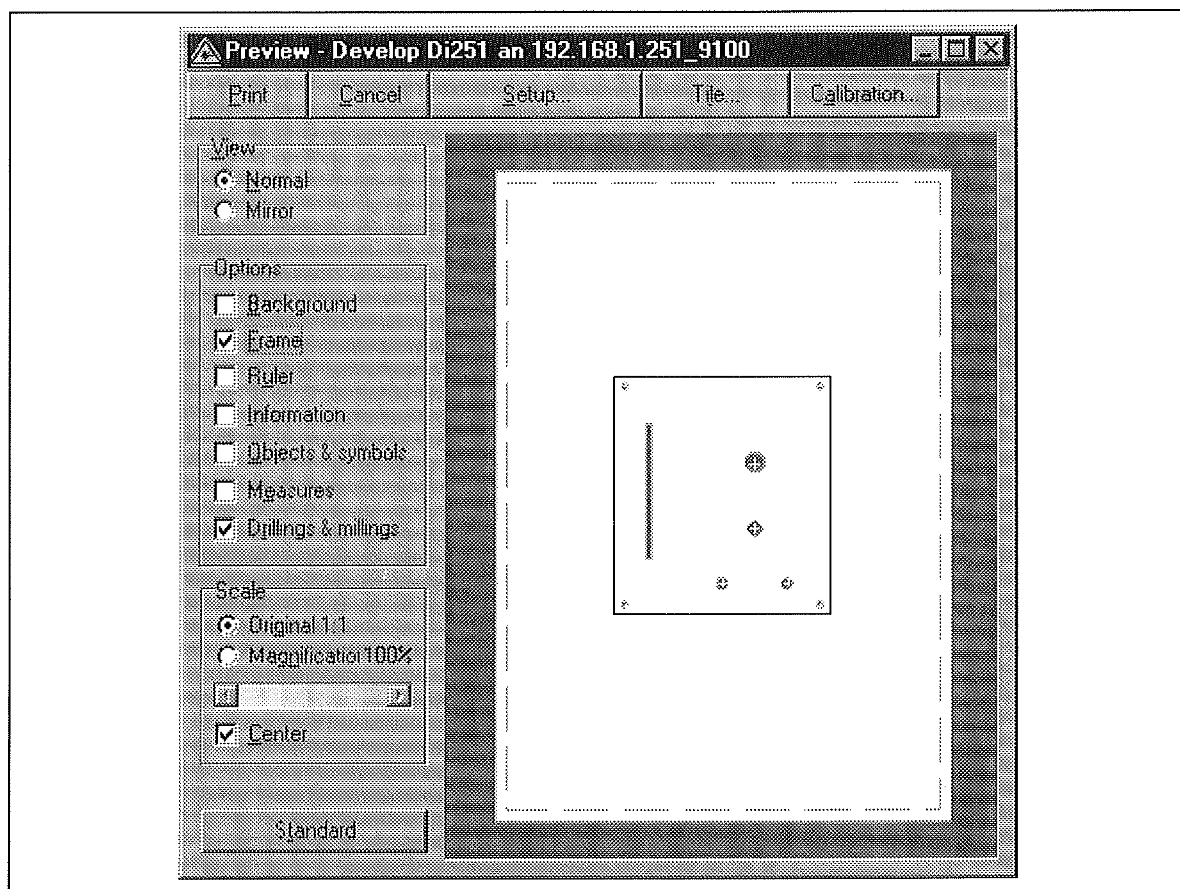
In figuur 3/8.9.24-30 is het eindresultaat van onze inspanningen in volle glorie voorgesteld.
Na wat ervaring met het programma ontwerpt u zo’n eenvoudig frontplaatje in tien minuten!




**Figuur 3/8.9.24-30:** Het eindresultaat van onze eerste oefening met “Front Designer”.

### Stap 12: de boormal afdrukken

We gaan nu naar het menu “File” en kiezen de optie “Print”. In het uitgebreid printvenster, zie figuur 3/8.9.24-31, kunt u van alles en nog wat instellen.
Maar eerst willen wij alleen een boormalletje afdrukken dat we op onze echte frontplaat kunnen plakken en als basis dient voor het op de juiste plaatsen boren van de gaten.
Selecteer dus:
- bij “View”: “Normal”;
- bij “Options”: “Frame” en “Drillings & millings”;
- bij “Scale”: “Original 1:1".




**Figuur 3/8.9.24-31:** In dit uitgebreid print-venster stelt u alle opties van uw afdruk in.

### Stap 13: afdrukken van het echte frontplaatje

Als u werkt volgens het in de inleiding voorgestelde systeem met dubbelzijdig klevende folie, dan moet u de volgende instellingen selecteren voor het afdrukken van het echte frontplaatje op transparante folie:

- bij "View": "Mirror";
- bij "Options": "Background", "Frame" en "Objects & symbols";
- bij "Scale": "Original 1:1".

U plaatst een vel speciale matte transparante folie in uw inkjet-printer. Een paar minuutjes later heeft u een schat van een ontwerpje, klaar om op uw frontplaatje te worden geplakt.

# Overige functies

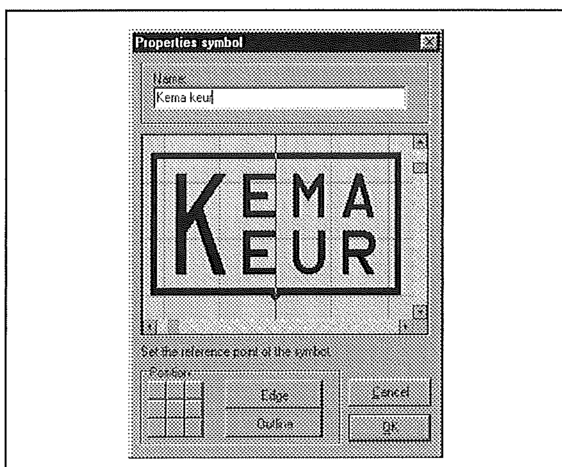
### Inleiding

Met dit voorbeeld hebben wij samen met u een snelle rondgang door de belangrijkste functies en gereedschappen van "Front Designer" gemaakt. U kunt nu met het programma aan de slag. Maar uiteraard biedt dit programma nog een heleboel nuttige opties en functies, die we in dit hoofdstuk bespreken.

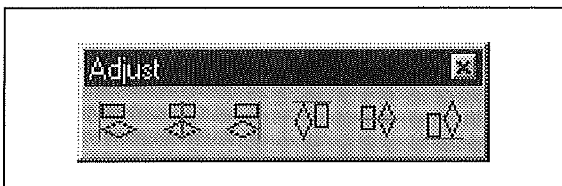
### "Properties" van symbolen

Als u met de rechter muisknop op een symbool uit de bibliotheek klikt, ziet u de optie "Properties" in het lijstje staan. Dit opent het venstertje van figuur

3/8.9.24-32. U kunt hier een naam aan het symbool geven die wordt opgenomen in het lijstje met symbolen.
Veel belangrijker is dat u met "Set the reference point of the symbol" het punt in het symbool kunt definiëren dat inklikt op de snijpunten van het magnetisch raster. Dit punt wordt aangegeven door een rood bolletje. U kunt dit bolletje met de muiscursor naar iedere gewenste plaats verslepen of door middel van het aanklikken van een van de negen knopjes links onder op een voorgedefinieerde plaats instellen.




**Figuur 3/8.9.24-32:** Met het venster "Properties symbol" kunt u het punt van het symbool definiëren dat inklikt op het magnetisch raster.




**Figuur 3/8.9.24-33:** Met het tool "Adjust" kunt u twee of meer objecten uitlijnen.

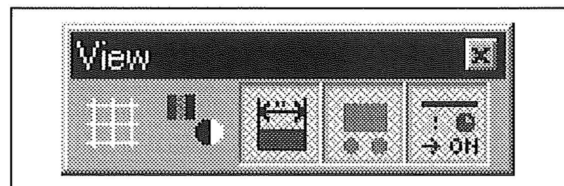
## Het gereedschap "Adjust"

Met dit gereedschap, voorgesteld in figuur 3/8.9.24-33, kunt u twee of meer objecten ten opzichte van elkaar uitlijnen. De pictogrammen spreken duidelijke taal. U kunt verticaal en horizontaal uitlijnen naar links, naar het midden, naar rechts, naar boven of naar beneden.

## Het gereedschap "View"

Dit tool, voorgesteld in figuur 3/8.9.24-34, heeft van links naar rechts de volgende functies:

- Show/hide grid:
  Schakelt de weergave van het magnetisch raster aan of uit.
- Coloured/B&W mode:
  In de "B&W mode" ziet u alleen de contouren (omrandingen) van alle objecten op uw frontplaat.
- Show/hide measures
  Schakelt de weergave van alle maatlijntjes aan of uit.
- Show/hide Drillings & millings:
  Schakelt de weergave van boorgaatjes en freesoppervlakken aan of uit.
- Show/hide other objects:
  Zet alle overige objecten wel of niet op de frontplaat.

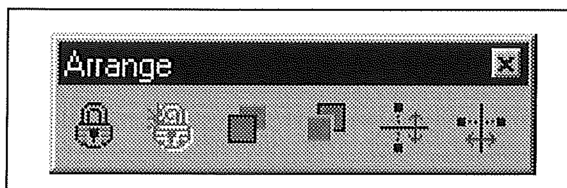



**Figuur 3/8.9.24-34:** Met de knoppen van het "View"-tool kunt u de weergave van uw frontplaat beïnvloeden.

## Het gereedschap "Arrange"

Met dit in figuur 3/8.9.24-35 voorgestelde tool kunt u de elementen en groepen

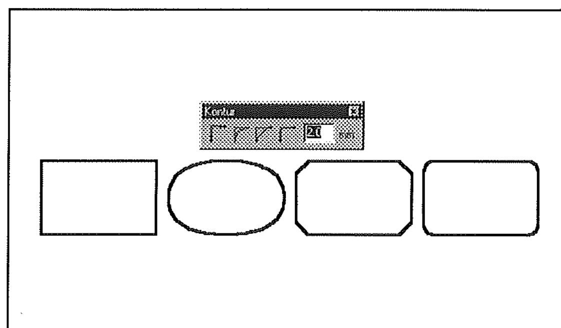
van elementen manipuleren. Van links naar rechts:
- Build group:
  Twee of meer elementen worden tot één groep verenigd.
- Split group:
  De elementen van een groep worden uit de groep bevrijd.
- To front:
  De aangeklikte elementen verschijnen op de voorgrond.
- To back:
  De aangeklikte elementen verdwijnen naar de achtergrond.
- Mirror vertical:
  Aangeklikte elementen worden rond de verticale as gespiegeld.
- Mirror horizontal:
  Aangeklikte elementen worden rond de horizontale as gespiegeld.




**Figuur 3/8.9.24-35:** Het tool "Arrange".

### Het gereedschap "Contour"

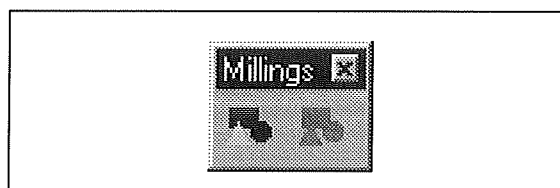
Met dit gereedschap, zie figuur 3/8.9.24-36, kunt u de hoeken van objecten afronden. In dezelfde figuur is de invloed van de vier aanwezige knoppen samengevat.
- Original:
  De hoeken van het object worden gevormd door rechte lijnen.
- Interpolated:
  De omranding van het object wordt geïnterpoleerd volgens het b-spline algoritme. Een nogal onduidelijk begrip, het komt er in ieder geval op neer dat het object flink wordt afgerond.
- Champer:
  De hoeken van het object worden schuin afgewerkt.
- Rounded:
  De hoeken van het object worden afgerond met een bepaalde straal.



**Figuur 3/8.9.24-36:** De functie van het tool "Contour".

### Het gereedschap "Millings"

Met het in figuur 3/8.9.24-37 voorgestelde gereedschap "Millings" kunt u een object omzetten in een boorgat of een weg te frezen oppervlak. Het voorwerp wordt dan lichtgrijs, zoals normale boorgaten en het verschijnt op de print-out van de boormal.

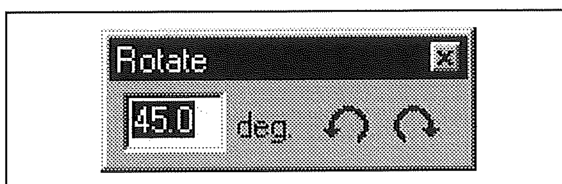



**Figuur 3/8.9.24-37:** Het tool "Millings" vormt objecten om tot boor- of freesgaten.

### Het gereedschap "Rotate"

Met dit tool, voorgesteld in figuur 3/8.9.24-38, kunt u objecten rond de eigen as roteren met de klok mee of tegen de klok in. U stelt een hoek in, door op de twee knoppen "↶" en "↷" te drukken verdraait het geselecteerde object in

de aangegeven richting over het ingevoerd aantal graden.

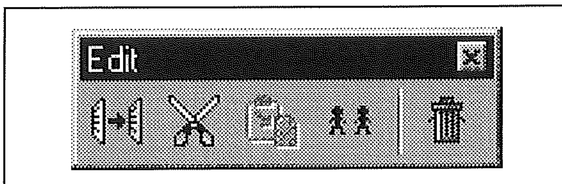



**Figuur 3/8.9.24-38:** Met het tool "Rotate" kunt u objecten rond hun eigen as roteren.

### Het gereedschap "Edit"

Met het tool "Edit", zie figuur 3/8.9.24-39. kunt u de standaard functies die in ieder Windows-programma aanwezig zijn, met één muisklik oproepen:

- Copy:
  Kopieert de geselecteerde elementen naar het klembord van Windows.
- Cut:
  Verwijdert de geselecteerde elementen van de frontplaat, maar slaat ze op in het klembord.
- Paste:
  Voegt in het klembord van Windows opgeslagen elementen weer in.
- Duplicate:
  Maakt een kopie van de geselecteerde elementen.
- Delete:
  Wist de geselecteerde elementen definitief.

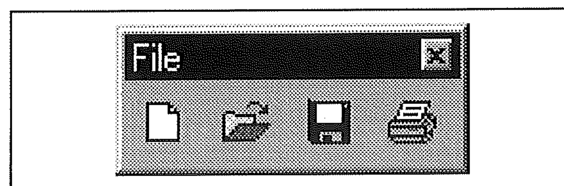



**Figuur 3/8.9.24-39:** Het tool "Edit" voert een aantal standaard Windows-handelingen uit.

### Het gereedschap "File"

Ook dit tool, zie figuur 3/8.9.24-40, voert een aantal standaard Windows-handelingen uit:

- File new:
  Opent een nieuw project.
- File open:
  Opent een op de harde schijf aanwezig project.
- File save:
  Bewaart het project waar u in werkt.
- Print:
  Opent het reeds besproken printvenster van figuur 3/8.9.24-31.




**Figuur 3/8.9.24-40:** Met het tool "File" kunt u standaard Windows bestandsbewerkingen uitvoeren.

### Het gereedschap "Measures"

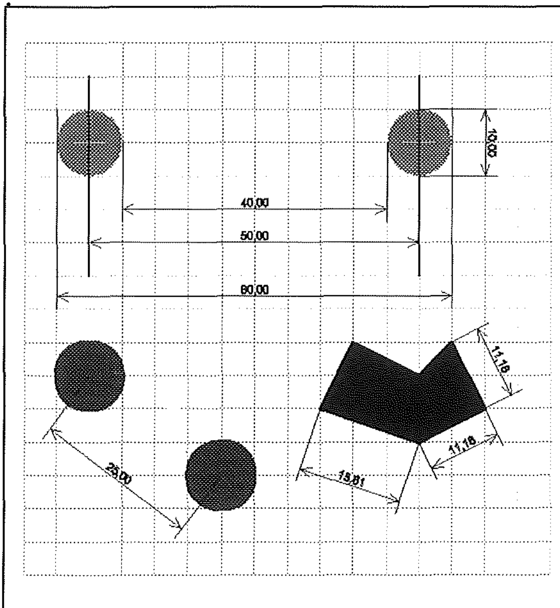
Met het gereedschap "Measures", zie figuur 3/8.9.24-9, kunt u op een verbazingwekkend eenvoudige manier een ontwerp voorzien van maatlijntjes. In figuur 3/8.9.24-41 hebben wij wat voorbeelden van dit tool verzameld. Het tekenen van zo'n lijntje vergt maar drie muisklikken. U klikt eerst op het eerste punt, nadien op het tweede punt en verplaatst vervolgens de muiscursor tot het maatlijntje op de gewenste manier op het scherm staat. Na een derde klik met de linker muisknop wordt het maatlijntje definitief op het ontwerp getekend.

### Illustraties importeren

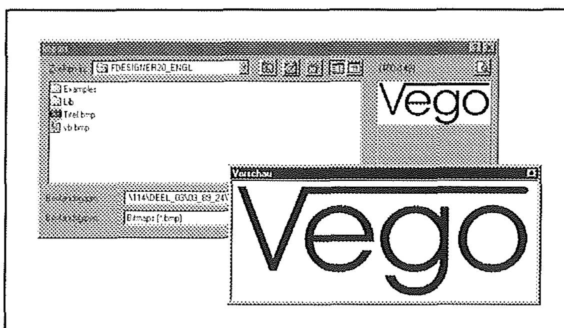
Met "Front Designer" kunt u illustraties in een frontplaat ontwerp importeren.

**8.9 Software voor de ontwerper**

Klik op de knop "Import pictures" (zie figuur 3/8.9.24-9), waarna het venster van figuur 3/8.9.24-42 in beeld verschijnt




**Figuur 3/8.9.24-41:** Voorbeelden van het werken met het tool "Measures".

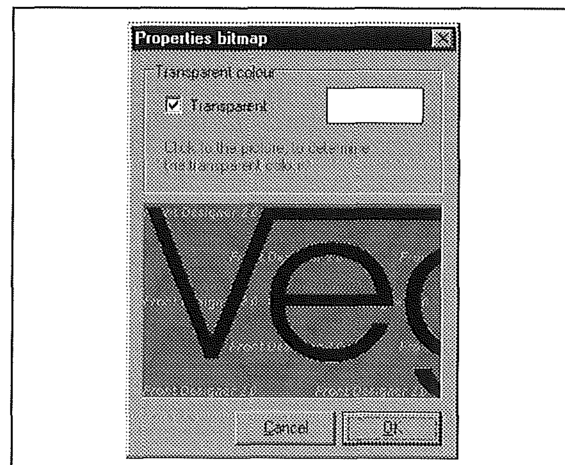



**Figuur 3/8.9.24-42:** Het importvenster voor BMP-, WMF- en EMF-bestanden.

U kunt illustraties importeren die zijn opgeslagen als BMP, WMF of EMF. De twee laatste formaten zullen u waarschijnlijk weinig zeggen, maar het eerste des te meer. Het is hét standaard formaat waarin alle Windows-programma's pixelgrafiek opslaan. Wij gaan dan ook als voorbeeld de import van een bedrijfslogo behandelen, dat we op de frontplaat van figuur 3/8.9.24-30 gaan invoegen.

U kunt op de gebruikelijke manier een BMP-bestand op uw harde schijf opzoeken. Via de knop met het vergrootglaasje, rechts boven in het venster, kunt u een "Vorschau" openen. In een afzonderlijk venstertje wordt de BMP op ware (pixel)grootte getoond.

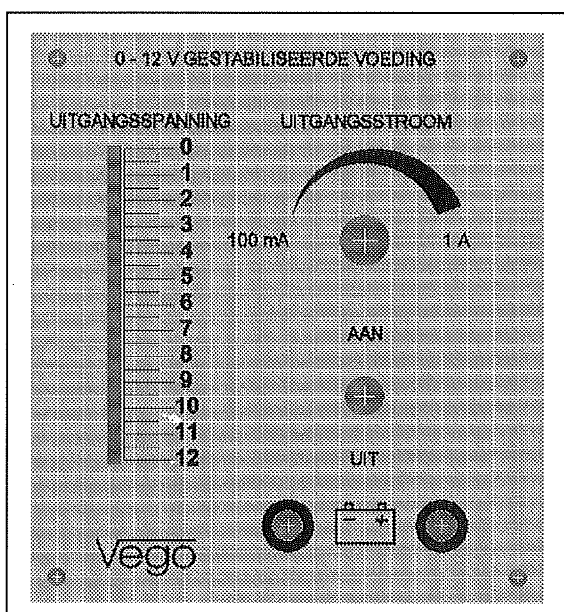
Het unieke van de optie "Import pictures" is dat u de BMP transparant kunt maken. Nadat u de illustratie op uw ontwerp heeft geplaatst en actief heeft gemaakt (klikken met de linker muisknop) klikt u met de rechter muisknop in de illustratie. Na het aanklikken van de optie "Proporties" verschijnt het venster van figuur 3/8.9.24-43 in beeld.




**Figuur 3/8.9.24-43:** Het transparant maken van een BMP-illustratie.

U kunt nu met de muis de kleur aanklikken die u transparant wilt maken. U ziet meteen het resultaat van deze actie in het venstertje verschijnen. Tevreden? Klik op "OK" en de transparantie wordt doorgevoerd in uw ontwerp. In figuur 3/8.9.24-44 hebben wij op deze manier

ons eerste frontplaatje trots voorzien van ons bedrijfslogo.

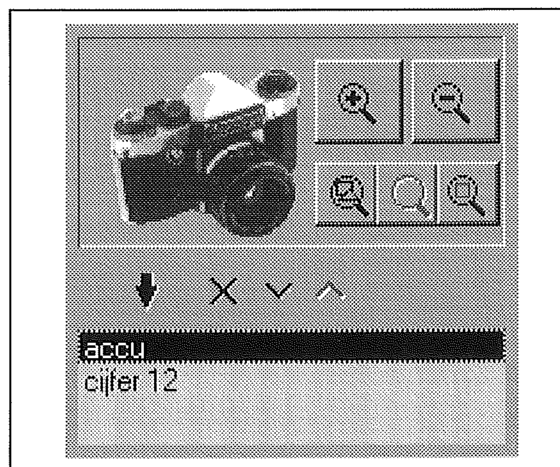



**Figuur 3/8.9.24-44:** Het transparante bedrijfslogo is ingevoegd in het frontplaat ontwerp.

### De "View manager"

Naast de drie reeds besproken managers treft u rechts in het werkvenster ook nog een vierde manager aan: de "View manager". Met deze manager kunt u, zie figuur 3/8.9.24-45, op een comfortabele manier in- en uitzoomen op uw werk.
De vijf knoppen met een vergrootglas erin hebben een duidelijke functie:
- Zoom plus;
- Zoom minus;
- Zoom all objects;
- Zoom selected objects;
- Zoom front panel.

Het unieke aan deze manager is dat u een ingesteld zoombereik onder een eigen naam kunt opslaan (knop "🡻"). Als u nadien op deze naam klikt, dan gaat de weergave van uw frontplaat onmiddellijk naar de eerder ingestelde zoomsituatie.



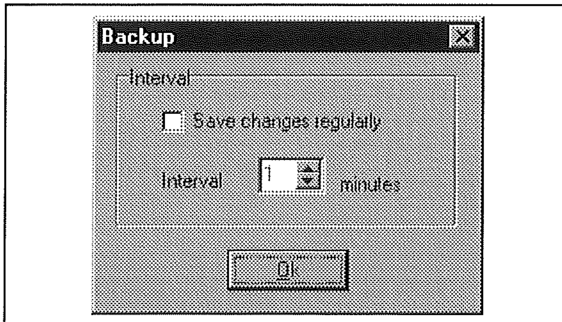

**Figuur 3/8.9.24-45:** Het venster van de "Zoom manager".

### Nieuwe frontplaat toevoegen

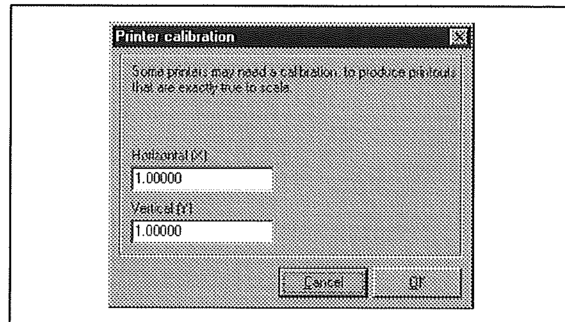
Het grootste deel van de functies die zich onder de acht menu's bevinden, treft u ook aan op een van de besproken tools. Alleen in de menu's "Library" en "Front panel" staat een aantal interessante opties die niet op een andere manier zijn te benaderen.
In het menu "Front panel" treft u bijvoorbeeld de optie "Add front panel" aan. Deze optie zet het venstertje van figuur 3/8.9.24-22 weer op uw scherm waarin u de afmetingen, de naam en de achtergrondkleur van een nieuwe frontplaat in het actieve project kunt definiëren. Iedere frontplaat krijgt een eigen tab-pagina in het werkvenster met links onder de naam. Door op deze tab's te klikken kunt u snel omschakelen van de ene naar de andere frontplaat.

### Automatische backup's

Via het menu "File" kunt u de optie "Backup" selecteren. In het venster, zie figuur 3/8.9.24-46, kunt u invullen om de hoeveel minuten "Front Designer" een automatische backup van uw project moet maken.




**Figuur 3/8.9.24-46:** In dit venster stelt u het tijdsinterval tussen twee automatische backup's in.




**Figuur 3/8.9.24-47:** Het venster waarmee u uw printer kunt calibreren.

## Een frontplaat exporteren

Als u het ontwerp van uw frontplaat wilt exporteren kunt u natuurlijk met de Windows-functie "Print Screen" werken. U kunt echter via het menu "File" en de optie "Export" het complete ontwerp ook exporteren naar een BMP- of EMF-bestand. Bovendien kunt u in een venster instellen of alles moet worden geëxporteerd of alleen de geselecteerde objecten.

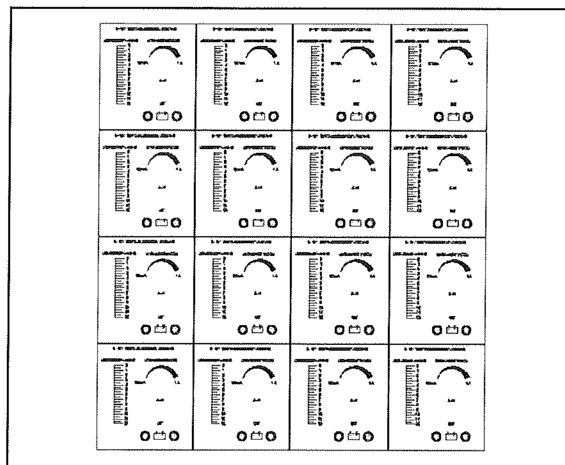
## Printer calibratie

Als u een frontplaatje van bijvoorbeeld 10 cm bij 10 cm ontwerpt, dan is het natuurlijk wél de bedoeling dat uw printer ook een printje van deze afmetingen aflevert. Soms zit er echter een spreiding van een paar millimeter op de afdruk. Dit probleem kunt u oplossen door uw printer te calibreren. Ga via het menu "File" naar "Print" en klik in het printvenster op de knop "Calibrate". In het venster van figuur 3/8.9.24-47 kunt u een horizontale en een verticale schaalfactor invoeren. De maten van uw print worden met deze factor vermenigvuldigd en eerst dan naar de printer gestuurd. Uiteraard vergt het exact calibreren van uw printer heel wat geduld en heel wat afdrukken!

## De functie "Tile"

Met de knop "Tile" in het print-venster van figuur 3/8.9.24-31 kunt u uw ontwerp een aantal keren naast en onder elkaar op één vel papier afdrukken, zie figuur 3/8.9.24-48.

Niet erg nuttig bij het ontwerpen van een frontplaat voor een uniek exemplaar van een apparaat, maar er zijn natuurlijk andere toepassingen te verzinnen waarbij dit een hele nuttige functie is. U kunt in een venstertje het aantal horizontale en het aantal verticale afdrukken instellen en een waarde voor de marge tussen de afdrukken.



**Figuur 3/8.9.24-48:** Het resultaat van de functie "Tile" uit het print-venster.

**8.9 Software voor de ontwerper**

# Symbolen maken

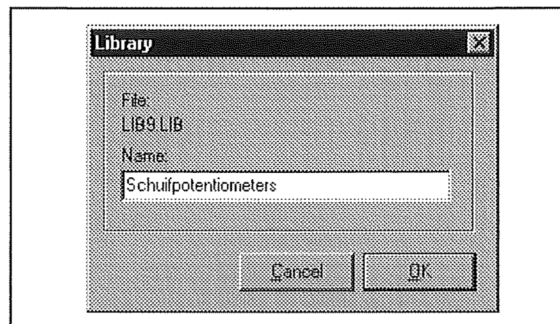
## Inleiding
De symbolenbibliotheek bevat honderden symbolen, maar de elementen die u het vaakst nodig heeft, schaalverdelingen voor potentiometers en schakelaars, zitten er niet bij. Voor het ontwerpen van het voorbeeld, de 12 V voeding, hebben wij in feite erg weinig gehad aan de bibliotheek. Dat is geen probleem, want u kunt op een heel eenvoudige manier de bibliotheek uitbreiden met eigen symbolen.

### Een pagina voor schuifpotentiometers
Laten wij als voorbeeld een nieuwe pagina aanmaken, waar we alle schaalindelingen voor schuifpotentiometers, die we tijdens ons werk met "Front Designer" maken, in kunnen verzamelen.

### Stap 1: ontwerp openen
Open het ontwerp van de voeding weer in het programma en activeer in het rechter venster de bibliotheek door op de knop "Symbols" te klikken.

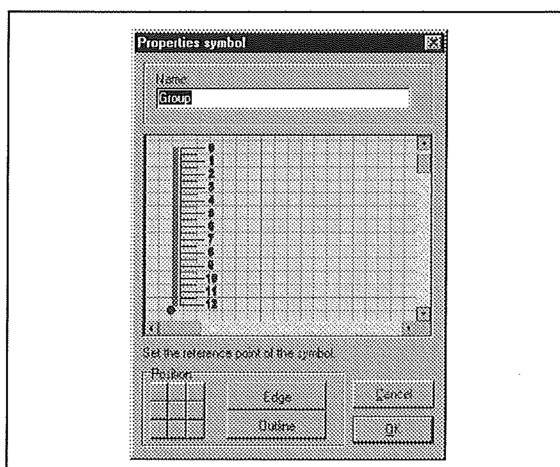
### Stap 2: schaalindeling groeperen
Trek met de linker muisknop een kader rond alle elementen die deel uitmaken van de schaalindeling van de schuifpotentiometer en klik nadien op het pictogram met het gesloten hangslot in de tool "Arrange" (figuur 3/8.9.24-35). Alle elementen van de schaal worden dus verenigd tot één groep.

### Stap 3: nieuwe pagina aanmaken
Ga naar het menu "Library" en klik op de optie "New page". In het venster van figuur 3/8.9.24-49 vult u de naam in van de nieuwe pagina, in dit voorbeeld "Schuifpotentiometers".



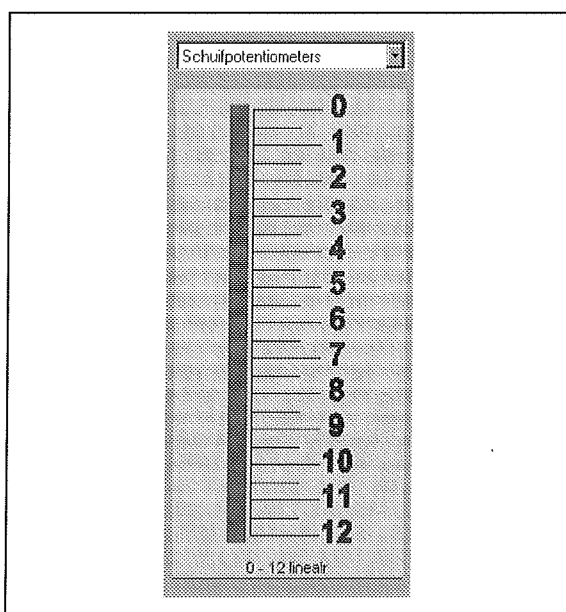

**Figuur 3/8.9.24-49:** In dit venster vult u de naam in van de nieuwe pagina die we in de bibliotheek gaan aanmaken.

### Stap 4: potentiometer in de pagina opnemen
Klik op de schuifpotentiometer, ga naar het menu "Library" en klik op de optie "Add to library". Onmiddellijk verschijnt het reeds bekende venster van figuur 3/8.9.24-50 in beeld. U kunt in dit venster een naam aan de potentiometer geven, bijvoorbeeld "0 - 12, lineair" en het klikpunt instellen. Weet u nog, het klikpunt van een symbool is het punt dat inklikt op het magnetisch raster.




**Figuur 3/8.9.24-50:** In dit venster kunt u het nieuwe symbool een eigen naam geven en het klikpunt vastleggen.

**Stap 5: de potentiometer zit in de nieuwe pagina**
Na een klik op de knop "OK" van het venster van figuur 3/8.9.24-50 wordt de schaalindeling van deze schuifpotentiometer opgenomen op de nieuwe pagina "Schuifpotentiometers", zie figuur 3/8.9.24-51. Vanaf nu kunt u de schaalverdeling dus met één klik van de linker muisknop in een nieuw frontplaat ontwerp opnemen.




**Figuur 3/8.9.24-51:** De schaalindeling van de schuifpotentiometer is opgenomen in de bibliotheek.

**Overige functies van het menu "Library"**
Via het menu "Library" kunt u pagina's een andere naam geven en pagina's verwijderen.

## Nadere informatie

De software van Abacom wordt in Nederland en België uit voorraad geleverd door:
Vego VOF
Postbus 32014, 6370 JA Landgraaf
Telefoon: 045-533.22.00
Fax: 045-533.22.02
E-mail: vego_vof@compuserve.com
Internet: www.vego.nl/abacom

# 3/8.9.26

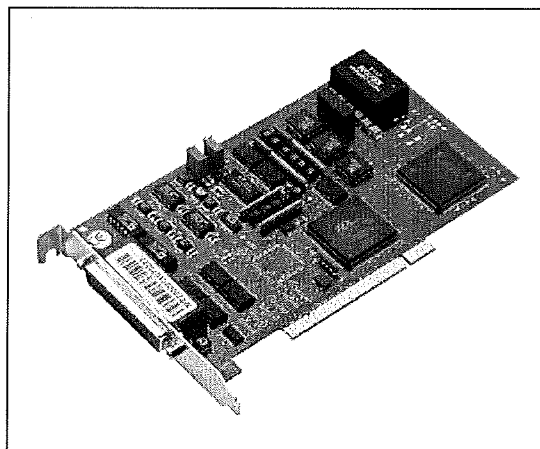
# Meetwaarden registreren met “RealView” 2.0 van Abacom

## Inleiding

**Uw PC als registrator**
Uw PC, zowel desktop als laptop, is een ideaal apparaat voor het registreren van meetgegevens. Immers, de snelheid is enorm en de opslagcapaciteit vrijwel onbegrensd. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de PC steeds vaker wordt ingezet als intermediair tussen elektronische meetapparatuur en meetresultaten.

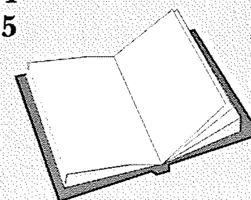
**Onbegrensde mogelijkheden**
Op het gebied “meten met de PC” zijn de mogelijkheden op dit moment vrijwel eindeloos. Er zijn honderden kaarten, apparaten en apparaatjes in de handel waarmee u analoge meetgegevens kunt opbergen op de harde schijf van uw PC. Deze meetsystemen kunt u in drie categorieën indelen.

- Ingebouwd in de PC
  Dat noemt men “meetkaarten”, in figuur 3/8.9.26-1 is één representant weergegeven. Dergelijke kaarten zijn in alle prijsklassen te koop, maar hebben als nadeel dat zij alleen geschikt zijn voor uw desktop, waar zij als iedere andere PC-kaart in een vrij slot worden gemonteerd.
- Aangesloten op de seriële poort
  Handige apparaatjes, zoals in figuur 3/8.9.26-2 voorgesteld, bevatten een aantal analoog naar digitaal omzetters en lezen 4 tot 8 kanalen via de seriële poort in uw PC in.



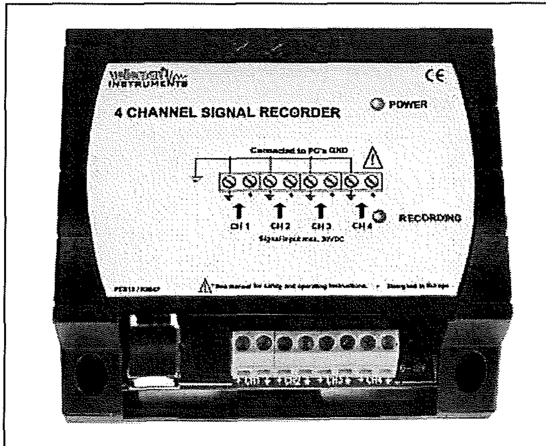
**Figuur 3/8.9.26-1:** Een meetkaart past alleen in de ruime behuizing van uw desktop PC.

**LEES OOK:**
**Hoofdstuk 3/8.9.12**
**Hoofdstuk 3/8.9.13**
**Hoofdstuk 3/8.9.24**
**Hoofdstuk 3/8.9.25**



Dergelijke meetsystemen kunt u natuurlijk ook op uw laptop aansluiten. Tegenwoordig hebben bovendien vrijwel alle draagbare digitale universeelmeters (Voltcraft!) een seriële poort, waarmee zij met uw PC kunnen communiceren.

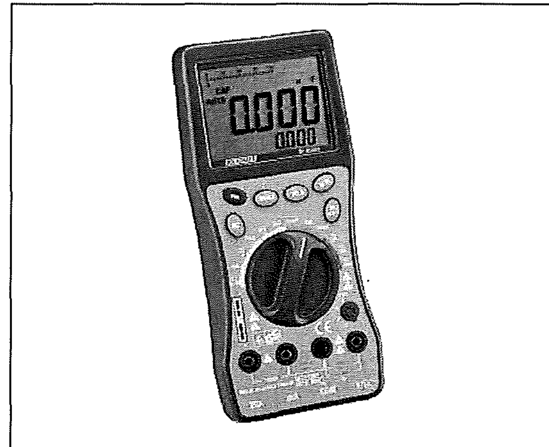
- Aangesloten op de USB poort
Moderne meetapparatuur, zoals de universeelmeter van figuur 3/8.9.26-3, werkt uiteraard met een USB verbinding. Uiterst snel, gemakkelijk aan te sluiten via een dunne en soepele kabel met als voordeel dat de USB poort van uw laptop in de meeste gevallen in staat is de voedingsspanning van het apparaat te leveren.




**Figuur 3/8.9.26-2:** Een van de vele meetapparaatjes die u via de seriële poort op uw PC kunt aansluiten.

## Ieder apparaat heeft eigen software

De meeste apparatuur wordt uiteraard geleverd met software, waarmee u de meetgegevens op het scherm van uw laptop kunt afbeelden en waarmee u de gegevens kunt manipuleren. Het vervelende is dat ieder merk wel heel eigen ideeen heeft over deze software en haar bediening, zodat er over één standaard niet valt te spreken.



**Figuur 3/8.9.26-3:** Moderne universeelmeters communiceren via USB met uw laptop.

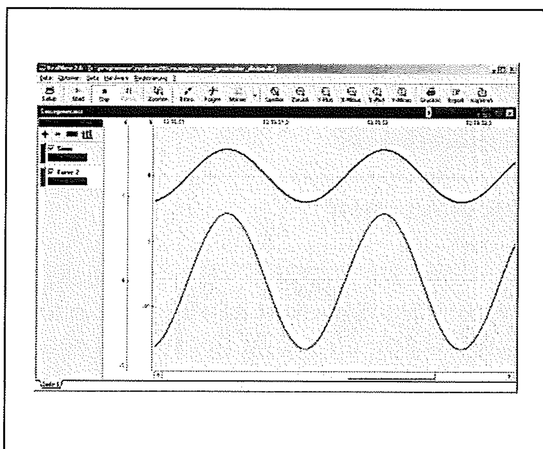
## Nu komt "RealView" op de proppen!

Een herkenbaar probleem? Dan moet u eens gaan nadenken over de aankoop van een uniek programma van Abacom, "RealView". Met dit programma kunt u de gegevens van een honderdtal meetapparaten en -kaarten in uw PC inlezen en verwerken. Het grote voordeel is natuurlijk dat u maar met één programma moet leren omgaan en dat de meetresultaten allemaal op een identieke manier gepresenteerd, opgeslagen en verwerkt worden. "RealView" brengt dus een grote mate van standaardisatie tot stand in de manier waarop u meetresultaten van diverse apparatuur kunt verwerken.

## Meer dan één meetapparaat

Een tweede unieke eigenschap van "RealView" is dat u meer dan één meetapparaat op uw laptop kunt aansluiten en de meetgegevens van deze apparaten gezamenlijk in real time in "RealView" kunt inlezen. U kunt zelfs verschillende

"Plotters" onder elkaar instellen, zie figuur 3/8.9.26-4, aan iedere "Plotter" een aantal "Curves" toekennen en deze koppelen aan één specifieke uitgang van een van de aangesloten meetapparaten.



**Figuur 3/8.9.26-4:** In dit voorbeeld is één "Plotter" ingesteld met twee "Curves", die ieder een bepaalde uitgang van een aangesloten meetinstrument uitlezen.

**Conclusie**

"RealView" is een machtig stuk software voor iedereen die vaak grote hoeveelheden analoge meetgegevens, afkomstig van verschillende apparaten, moet verwerken en op zoek is naar een manier om dat op een gestandaardiseerde manier te doen.

# Highlights van "RealView" 2.0

**Meerdere "Plotters" met meerdere "Curves"**

Basis van het programma zijn de "Plotters", waarin de meetgegevens grafisch worden weergegeven in functie van de tijd. Met "RealView" kunt u diverse "Plotters" definiëren, onder andere door aan iedere "Plotter" een eigen naam en een eigen sample rate tussen 5 ms en 30 min toe te kennen. In iedere "Plotter" kunt u diverse "Curves" openen, die weliswaar allemaal met dezelfde sample rate werken, maar die ieder een eigen gevoeligheid en dus ook een eigen verticale as kunnen hebben. De diverse "Plotters" kunt u onder of naast elkaar zetten, maar u kunt ook in één project verschillende pagina's openen en iedere "Plotter" op een eigen pagina zetten. De lay-out van iedere "Plotter" kunt u aan uw eigen smaak aanpassen, bijvoorbeeld door een functioneel kleurgebruik.

**Meetresultaten verdelen over "Plotter" kanalen**

U kunt de uitgangssignalen van de diverse meetapparaten verdelen over de "Curves" van uw "Plotters" zoals u dat het beste uitkomt. U kunt dus op "Curve 1" van "Plotter 1" de uitgangsspanning van een temperatuurlogger weergeven en op "Curve 2" van dezelfde "Plotter 1" de spanning weergeven van het verwarmingselement dat verantwoordelijk is voor de temperatuurregeling.

**Onbegrensde meettijd**

De meettijd van "RealView" wordt alleen begrensd door de vrije ruimte op uw harde schijf. De meetgegevens worden namelijk weggeschreven naar een tijdelijk bestand. De meettijd is in principe zelfs onbegrensd, omdat het programma de unieke mogelijkheid heeft om na een instelbare tijd de meetgegevens automatisch onder een bepaalde naam naar uw harde schijf te schrijven en dan met een nieuwe meetcyclus te starten.

### Triggerinstelling

In iedere "Plotter" kunt u één triggervoorwaarde instellen, waardoor het plotten automatisch start nadat de gemeten grootheid van één instelbare "Curve" een bepaalde waarde over- of onderschrijdt.

### Zoomfuncties

"RealView" heeft uitgebreide zoom- en panfuncties om de meetgegevens zo overzichtelijk mogelijk in beeld te brengen.

### Functies aan "Curves" toekennen

Aan de "Curves" binnen één "Plotter" kunt u wiskundige functies toekennen. U kunt bijvoorbeeld met "Curve 1" een spanning registreren en met "Curve 2" de stroom die deze spanning door een belasting laat lopen. Vervolgens kunt u "Curve 3" instellen op "1 * 2", waardoor deze grafiek het vermogen weergeeft dat door de belasting wordt gedissipeerd.

### Vier markers

"RealView" beschikt over twee horizontale en twee verticale markers, die u met de muis plaatst en waarmee u uw meetresultaten kunt onderzoeken. De software zet desgewenst de horizontale markers automatisch op de negatieve en positieve toppen van het signaal en de verticale op begin en einde van een periode. U kunt de integraal onder de markers laten uitrekenen, handig voor vermogensberekeningen in industriële elektronica.

### Uitgebreide printfuncties

Zoals bij alle Abacom programma's hebben de programmeurs nogal wat aandacht besteed aan de printfuncties. Een interessante optie is "Endles Form". Hiermee kunt u een uitgebreide plot over verschillende aansluitende pagina's laten afdrukken. U kunt nadien deze pagina's snijden en aan elkaar plakken, zodat u desgewenst een meters lange printout uit uw ordinaire A4-printer haalt! Dat spaart u alweer de aanschaf van een peperdure papierplotter!

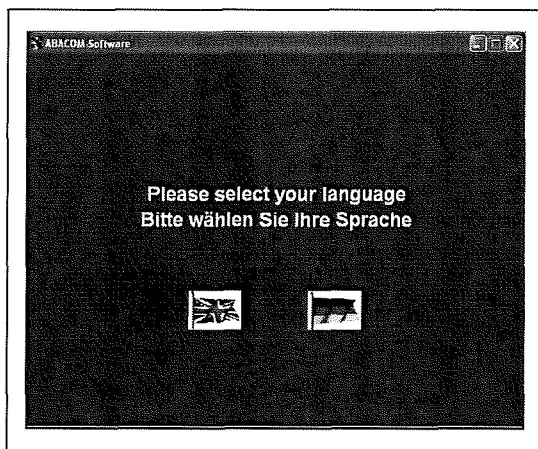
## Installatie

### Compatibiliteit

"RealView" versie 2.0 is bruikbaar onder Windows 95, 98, ME, NT, 2000 en XP. Er worden weinig eisen aan het systeem gesteld, het programma heeft zelfs een optie om de verwerkingssnelheid aan te passen aan trage systemen. Het programma wordt op CD-ROM geleverd, u moet dus wél over een lokaal CD-ROM station beschikken.

### Installatie

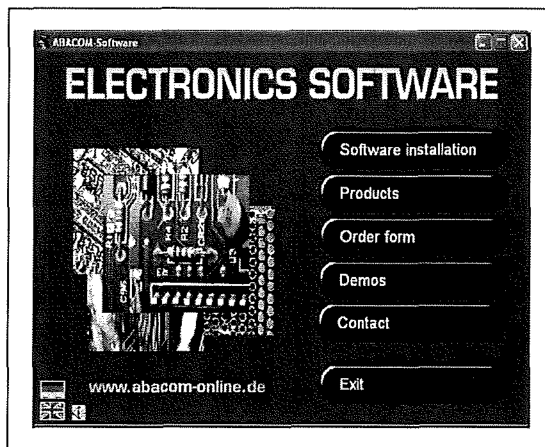
Na het inleggen van de CD-ROM verschijnt automatisch een openingsscherm, waarin u kunt kiezen voor Duitse of Engelse installatie van het programma, zie figuur 3/8.9.26-5.



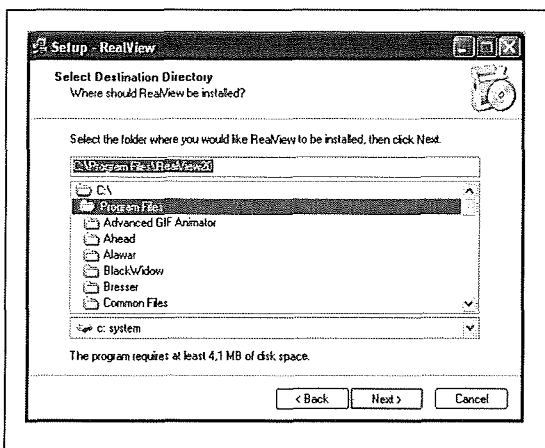

**Figuur 3/8.9.26-5:** Het venster waarmee de installatie van "RealView" start.

**8.9 Software voor de ontwerper**

In deze bespreking wordt uitgegaan van de Engelstalige installatie. Na het aanklikken van de taalkeuze ziet u het venster van figuur 3/8.9.26-6 verschijnen. U klikt hierin uiteraard op de optie "Software installation".

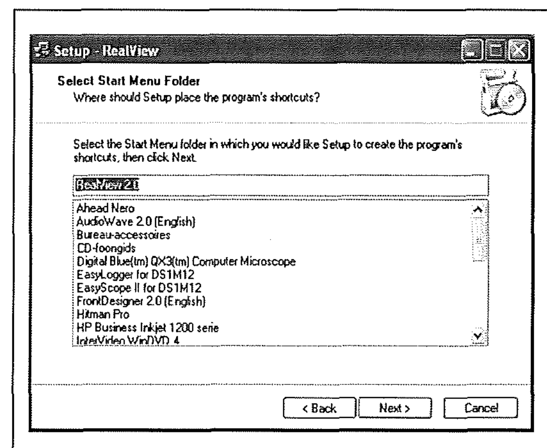



**Figuur 3/8.9.26-6:** In het volgende venster kiest u voor "Software installation".




**Figuur 3/8.9.26-7:** Het selecteren van de installatie-directory.

Vervolgens verschijnt het van Windows bekende venster "RealView Set-up Wizard". Na een klik op "Next" kunt u in het venster van figuur 3/8.9.26-7 de directory selecteren waarin het programma wordt geïnstalleerd. De "Set-up Wizard" maakt in deze directory een subdirectory "RealView20" aan. Na een venster waarin u de "Start Menu Folder" kunt selecteren, zie figuur 3/8.9.26-8, verschijnt het venster "Ready to Install". Uw klik op de optie "Install" zorgt ervoor dat "RealView" versie 2.0 in een paar minuutjes wordt geïnstalleerd. U kunt nadien de CD-ROM weer opbergen.




**Figuur 3/8.9.26-8:** In dit venster selecteert u de Start Menu Folder, waarin Windows de shortcuts naar de programma-onderdelen aanbrengt.

**Omvang**

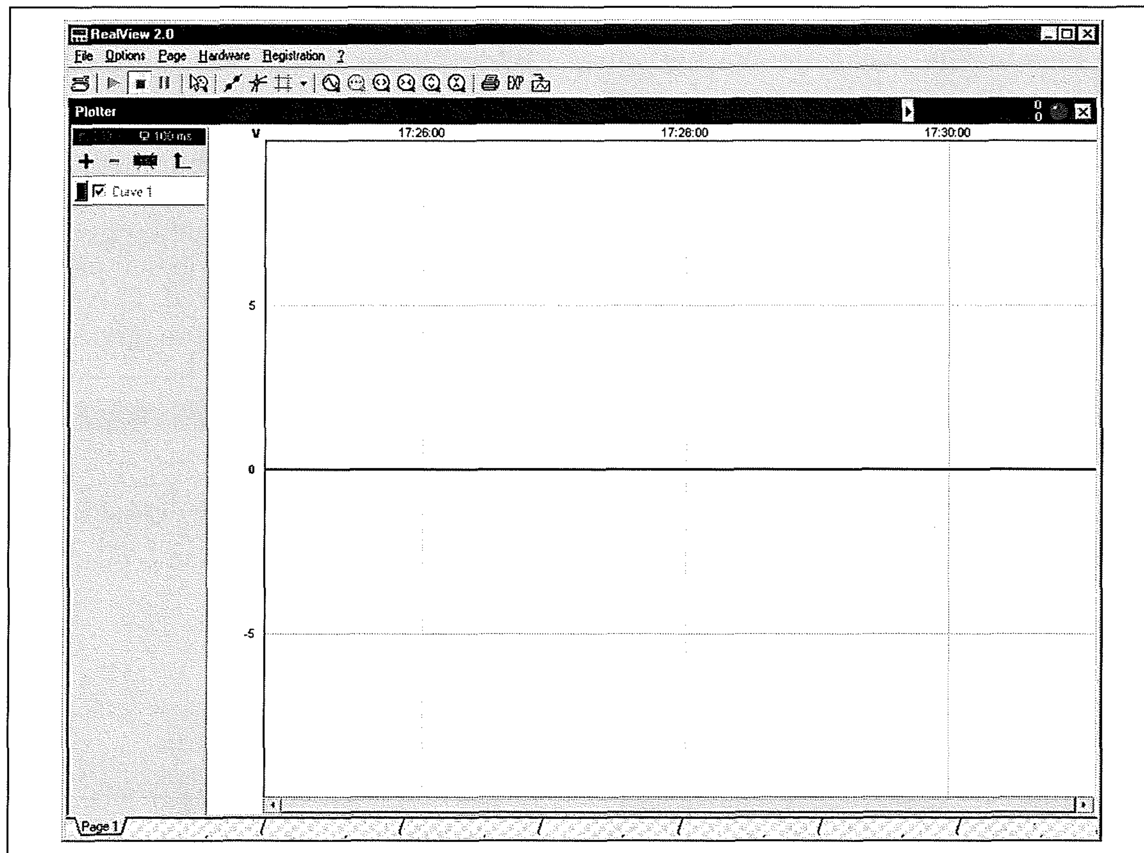
Na installatie is uw harde schijf amper 3,7 MB armer en is uw directory uitgebreid met 25 nieuwe bestanden. Ook deze zeldzaam te noemen zuinigheid is een goede eigenschap van alle Abacom programma's.

# Aan de slag

**Inleiding**

Wij gaan u op weg helpen om met dit uniek stukje software te leren werken.

**8.9 Software voor de ontwerper**



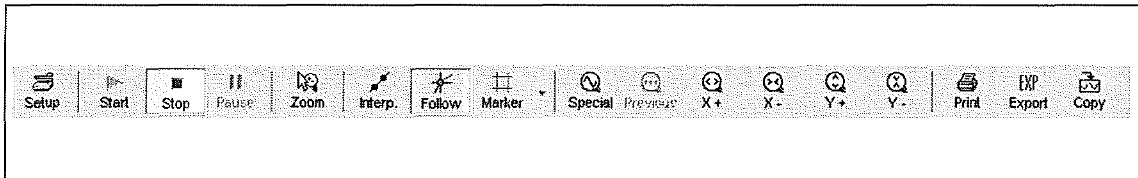

**Figuur 3/8.9.26-9:** Het werkvenster van "RealView" versie 2.0.

Er is natuurlijk één probleem: wij weten niet met welke hardware u het programma in de praktijk wilt gebruiken. Maar, geen nood, de programmeurs hebben voor demonstratie- en leerdoeleinden een "virtueel apparaat" in de software geïntegreerd, een simpele laagfrequent sinusgenerator. We gaan natuurlijk dit softwarematig nagebootst apparaat als "meetinstrument" toepassen.

**Het werkvenster van het programma**
Na het opstarten van "RealView" verschijnt het werkvenster van figuur 3/8.9.26-9 in beeld. U ziet dat "RealView" al één "Plotter" voor u heeft klaar staan, gevuld met één "Curve". Deze "Curve 1" heeft standaard een verticale schaalindeling van +10 V tot -10 V, een in het datalogging wereldje vaak gebruikte uitgangsspanning. Op de horizontale as wordt de actuele tijd weergegeven, als u goed kijkt merkt u op dat het volschrijven van dit naslagwerk dus vaak buiten de normale kantooruren gebeurt.

**De knoppenbalk**
Onder de lijst met de menu's treft u een knoppenbalk aan met 18 knoppen waarmee u toegang krijgt tot de belangrijkste functies van het programma. In figuur 3/8.9.26-10 hebben we de functies van deze knoppen overzichtelijk voor u samengevat.

**8.9 Software voor de ontwerper**



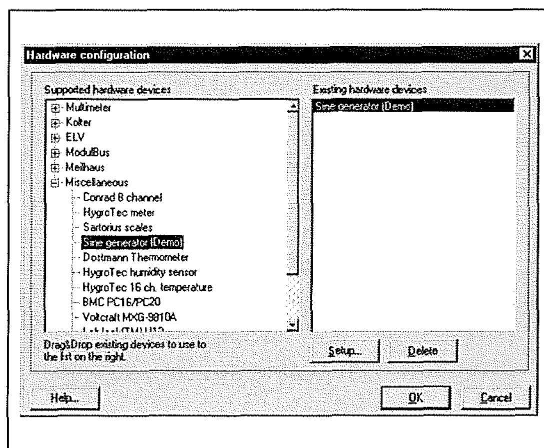

**Figuur 3/8.9.26-10:** De functie van de 18 knoppen van het programma.

- Setup
  Met deze knop kunt u de configuratie van een "Plotter" instellen, wij komen daar uiteraard op terug.
- Start
  Start het registreren van de meetwaarden in alle "Curves" van de geselecteerde "Plotter".
- Stop
  Stopt het registreren van de meetgegevens, na een klik op deze knop kunt u niet meer verder registreren in de actuele meetset. Denk dus goed na alvorens op deze knop te klikken!
- Pause
  Onderbreekt de zichtbare registratie van meetgegevens, in de achtergrond gaat het programma echter verder met het opslaan van de ontvangen meetgegevens op uw harde schijf. Deze knop is bedoeld om de weergegeven meetgegevens even rustig te bekijken. Na een tweede klik op deze knop worden de inmiddels in het tijdelijk bestand aanwezige nieuwe meetgegevens opeens in de grafieken opgenomen en gaat het registreren verder.
- Cursor Mode (Zoom)
  Met deze optie kunt u met de muis zoomen, meten en pannen. U kunt dus uw meetgegevens op de meest gunstige manier op het scherm zetten en de (X,Y)-waarden van alle punten van de grafiek opmeten. Deze waarden verschijnen in een klein venstertje, links onder in beeld.
- Plot Mode (Interp.)
  Hiermee stelt u in hoe de gegevens op het scherm verschijnen: geïnterpoleerd (met lijnen verbonden), als sample&hold (trapvormig) of als punten.
- Follow Curve
  De muis volgt de grafiek in de actuele "Curve", dat wil zeggen dat het snijpunt van de horizontale en verticale cursorlijn altijd op de curve zit en de X- en Y-waarden van dat punt naast de cursor op het scherm verschijnen.
- Marker
  Met de opties van deze knop worden de vier markers actief in verschillende modi, zie later.
- Special Zoom Functions
  Met de opties onder deze knop kunt u speciale zoomfactoren invoeren, bijvoorbeeld volledige meettijd helemaal op het scherm of schaalfactor van de Y-as zo ingesteld, dat de minimum en maximum waarden van de verticale schaal gelijk worden aan de minimum en maximum waarden van de gemeten grootheid.
- Zoom Previous
  U gaat terug naar de vorige ingestelde zoomfactor.
- Zoom X Plus
  Vergroot de horizontale schaal, waardoor de meetpunten verder uit elkaar liggen.
- Zoom X Minus
  Verkleint de horizontale schaal, waardoor de meetpunten dichter op elkaar liggen.

- Zoom Y Plus
  Vergroot de verticale schaal.
- Zoom Y Minus
  Verkleint de verticale schaal
- Print
  Opent het “Print”-venster.
- Export
  Opent het “Export”-venster, waarmee u de meetgegevens kunt exporteren als TXT-bestand.
- Copy to Clipboard
  Kopieert het venster van de actieve “Plotter” naar het klembord, zodat u het in een ander programma kunt plakken.

**Stap 1:**
**Hardware Configuration**

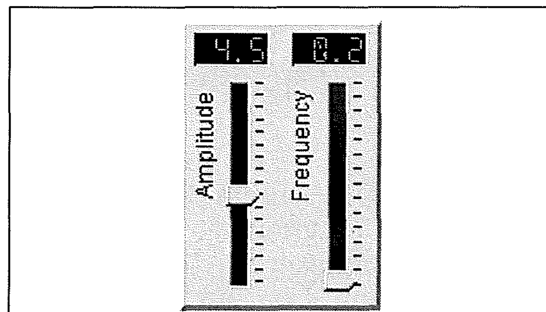
Het eerste dat u moet doen is “RealView” aan het verstand brengen wat voor soort meetapparatuur er op uw PC is aangesloten. Ga naar het menu “Hardware” en kies “Configuration”. In het venstertje van figuur 3/8.9.26-11 ziet u een uitgebreide lijst met meetapparatuur die door “RealView” wordt ondersteund.




**Figuur 3/8.9.26-11:** Het selecteren van de meetapparatuur, die u op uw PC heeft aangesloten.

U activeert meetapparatuur door de naam vanuit het linker lijstje “Supported hardware devices” naar het rechter lijstje “Existing hardware devices” te slepen met ingedrukte linker muisknop. U kunt meer dan één apparaat selecteren, maar wij doen het op dit moment met de in de software ingebouwde “Sine generator (Demo)”, die u onder het kopje “Miscellaneous” aantreft.

Na een klik op de knop “Setup” verschijnt het venstertje van figuur 3/8.9.26-12 in beeld. In dit venstertje kunt u de uitgangsspanning en -frequentie van de sinusgenerator instellen. Wij schuiven de beide potentiometers tot de generator 5,0 V bij 0,2 Hz genereert.




**Figuur 3/8.9.26-12:** In dit “Setup”-venstertje stelt u de eigenschappen van het meetapparaat in.

Ieder meetapparaat heeft uiteraard een eigen venstertje dat rekening houdt met de mogelijkheden van het apparaat. In de meeste gevallen moet u minstens instellen:

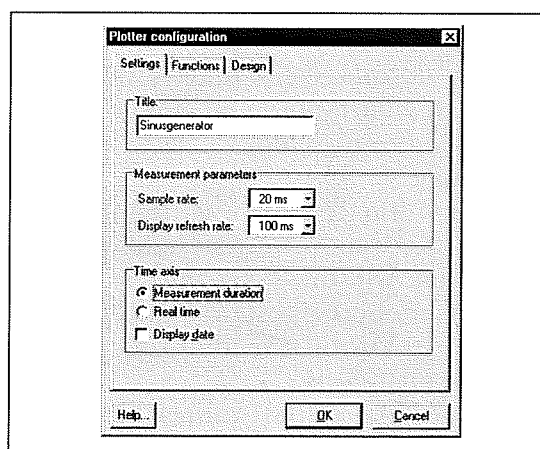
- COM Port
  De seriële poort waarop u het apparaat heeft aangesloten, dus COM1 tot en met COM4.
- Device number
  Een nummer dat u bij de installatie van het apparaat heeft ingesteld en waaraan uw PC het apparaat herkent.

- A/D Range
  De op de kaart ingestelde gevoeligheid van de ingangskanalen. Meestal doet u dit door een aantal jumpers op de kaart te verplaatsen. Standaard gevoeligheden van de meeste kaarten zijn ±10 V, ±5 V, +10 V en +5 V.
- Pin Information
  Geeft informatie over welke uitgangen van uw meetapparaat met welke adreslijnen van uw PC worden verbonden. Het is immers uit de gegevens op de adreslijnen dat "RealView" de informatie haalt over de grootte van de aangeboden spanningen.

**Stap 2:**
**Plotter Configuration**
Klik op de "Setup"-knop, waardoor het venster "Plotter Configuration" van figuur 3/8.9.26-13 verschijnt. In het tabblad "Settings" stelt u een paar fundamentele eigenschappen van de ene "Plotter" die nu actief is in.

- "Title"
  Hier vult u de naam in die u aan de "Plotter" wilt toekennen, bijvoorbeeld "Sinusgenerator".
- "Measurement parameters, Sample rate"
  U moet het aantal metingen dat "RealView" per seconde gaat uitvoeren invullen. U kunt kiezen tussen een snelle 5 ms tot een trage 30 min. Het is zinloos een snellere waarde in te vullen dan strikt noodzakelijk is. Hoe sneller u sampled, hoe meer gegevens "RealView" naar de harde schijf van uw PC stuurt! Als een meetapparaat bijvoorbeeld maar één keer per seconde meetwaarden naar uw PC stuurt, dan heeft het geen zin een "Sample rate" van 5 ms in te vullen. U kunt dan voor 200 ms kiezen. Omdat onze sinusgenerator ingesteld staat op een frequentie van 0,2 Hz hoeven wij ook in dit geval niet snel te samplen, een waarde van 50 ms is uitstekend.
- "Measurement parameters, Display refresh rate"
  Deze waarde bepaalt hoe vaak "RealView" de gegevens die naar het scherm worden gestuurd ververst. U kunt kiezen tussen 20 ms en 1 s. Ook hier is een snelle waarde niet per sé noodzakelijk, 100 ms geeft een rustig beeld.
- "Time axis"
  Bepaalt de gegevens die op de horizontale as worden vermeld. "Measurement duration" geeft de relatieve meettijd die start op het moment u op de "Start"-knop klikt. "Real time" geeft de actuele tijd in uren, minuten en seconden. "Display date" zet bovendien ook nog eens de datum als dag-maand-jaar op de as.

De twee overige tabbladen zijn wel interessant maar nu bij deze eerste kennismaking nog niet zo belangrijk. Deze worden later besproken.



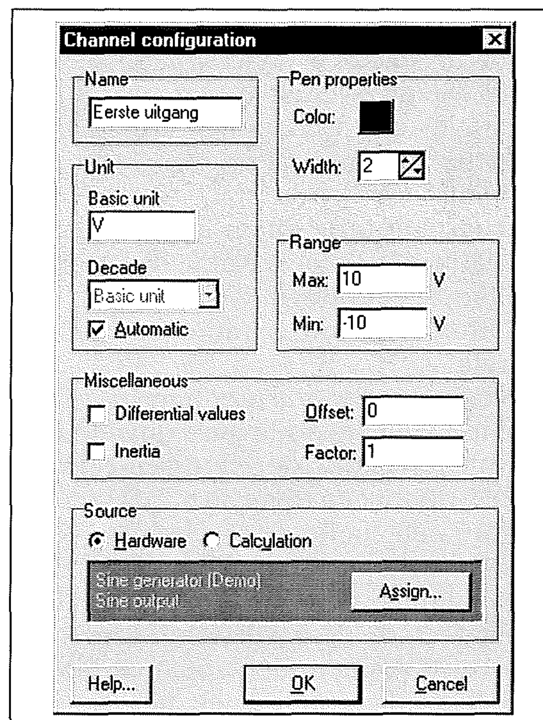

**Figuur 3/8.9.26-13:** Het instellen van de basiseigenschappen van de "Plotter".

**Stap 3:**
**Channel Configuration**

Als derde stap moet u de "Curve 1" die het programma automatisch in de "Plotter" heeft gezet gaan configureren. Klik op het blauwe vlakje Naast "Curve 1" met als gevolg dat het venster van figuur 3/8.9.26-14 in beeld verschijnt.

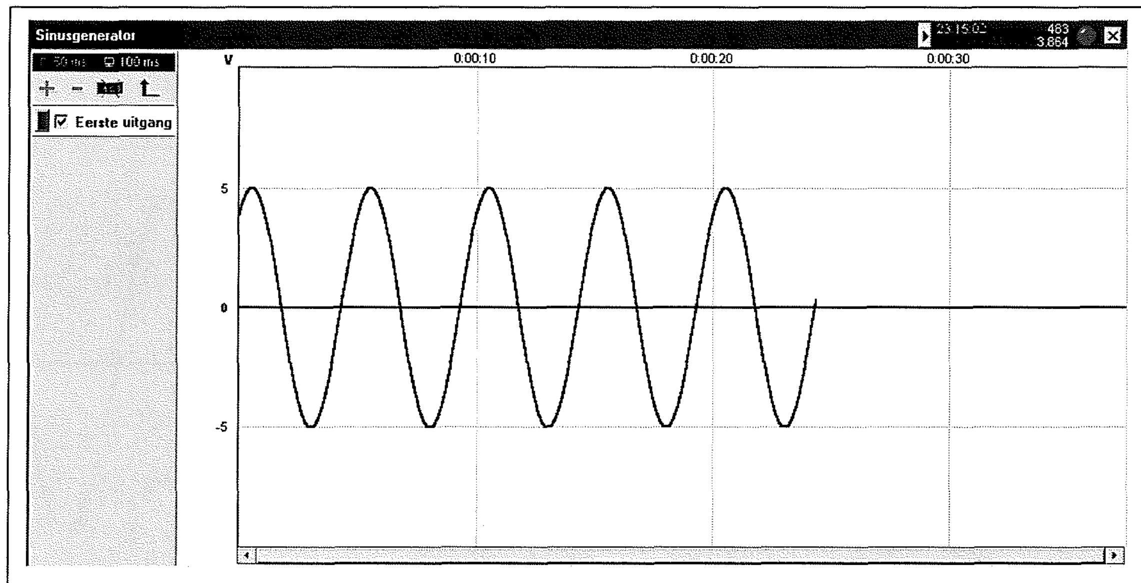
- "Name"
  Geef hier een beschrijvende naam aan "Curve 1", bijvoorbeeld "Eerste uitgang".
- "Pen properties"
  Selecteer een kleur en een lijndikte voor de grafiek die in deze "Curve" wordt geschreven.
- "Unit"
  In "Basic unit" vult u de grootheid in die het meetapparaat dat op deze "Curve" is aangesloten, meet. In ons geval is dat natuurlijk "V". U kunt hier invullen wat u wilt, bijvoorbeeld "A", "Ohm", "°C", "kg" of wat uw meetinstrument maar meet. In "Decade" kunt u een schaalfactor invoeren, bijvoorbeeld "k", "M" of "m". De verticale schaalindeling wordt automatisch aangepast. Als u "Automatic" aanvinkt, berekent "RealView" automatisch de meest geschikte schaalfactor aan de hand van de meetgegevens die worden ontvangen.
- "Range"
  Hier vult u de te verwachten uitgangsgrootte van uw meetapparaat in. Omdat wij onze sinusgenerator op 5,0 V hebben ingesteld lijkt een bereik van +10 V tot -10 V adequaat.
- "Miscellaneous"
  Met "Differential values" draagt u "RealView" op alleen het verschil tussen de actuele meetwaarde en de vorige meetwaarde in de "Curve" te zetten.

  Met "Offset" kunt u een vaste waarde bij de gemeten waarde optellen of van de gemeten waarde aftrekken. Op deze manier kunt u een kunstmatig nulpunt creëren voor sensoren die bij de nulwaarde van de grootheid die zij meten niet 0 V afgeven. U kunt dus de meetgegevens van een temperatuursensor zo afregelen dat 0 °C exact op de nullijn komt te liggen.
- Met "Inertia" kunt u een bepaalde "Factor" invoeren. U kunt dit beschouwen als een soort van laagdoorlaatfilter dat ruis op de metingen niet doorlaat en alleen een gemiddelde waarde op het scherm zet. Vooral bij het meten van ruisrijke signalen is dat een doeltreffende optie.




**Figuur 3/8.9.26-14:** Het configureren van "Curve 1", wat inhoudt dat u de meetgrootheid en nog wat andere gegevens invult.

**8.9 Software voor de ontwerper**



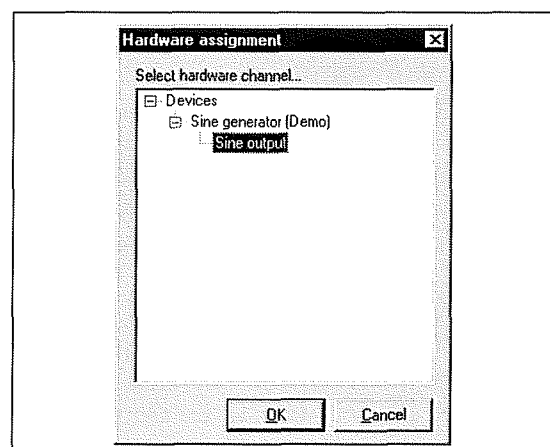

**Figuur 3/8.9.26-16:** Het resultaat van onze eerste plot, het signaal van de sinusgenerator verschijnt in onze "Curve 1".

– "Source"
  Een heel belangrijke optie! Hier kunt u namelijk de "Curve" koppelen aan één uitgang van een van de meetapparaten. Als u voor "Hardware" kiest verschijnt het venstertje van figuur 3/8.9.26-15 in beeld. Onze sinusgenerator heeft uiteraard maar één uitgang en u klikt dus op "Sine output". Maar eerst nú wordt "Curve 1" van "Plotter 1" gekoppeld aan het meetapparaat en kunt u de meetresultaten in beeld zien verschijnen.
  Kiest u voor "Calculation", dan kunt u in de betreffende "Curve" het resultaat van een wiskundige bewerking op twee andere "Curves" weergeven. Op dit moment is maar één "Curve" actief, dus deze optie heeft geen zin.

## Stap 4: plotten maar!

We zijn nu klaar om het uitgangssignaal van onze sinusgenerator te bewonderen.

Klik dus op de knop "Start". Het resultaat is weergegeven in figuur 3/8.9.26-16: een mooie sinus verschijnt in "Eerste uitgang" van "Sinusgenerator". De toppen van het signaal liggen op +5 V en -5 V, zoals te verwachten was met de instellingen van onze sinusgenerator.




**Figuur 3/8.9.26-15:** Het toekennen van een uitgang van een meetapparaat aan de "Curve".

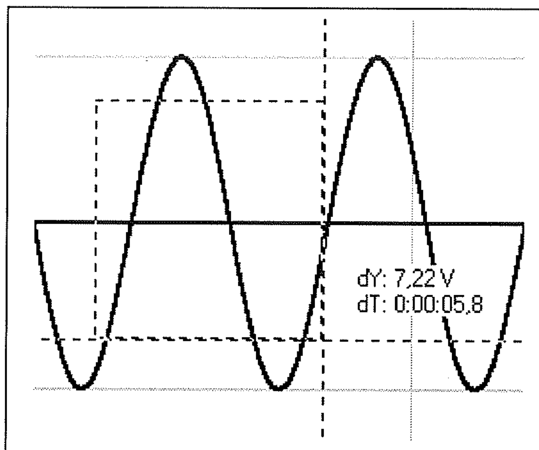
**Stap 5:**
**meten op het signaal met de cursor**

Klik op de knop "Stop", waardoor het plotten ophoudt en u op diverse manieren het beeld kunt manipuleren en metingen aan het geplotte signaal kunt uitvoeren. Klik op de knop "Cursor Mode", er verschijnt een pop-up venstertje, waarin u drie keuzen kunt maken.

- "Zoom"
  Met "Zoom" kunt u op de gebruikelijke manier met de linker en rechter muisknoppen in- en uitzoomen rond het punt waar de muiscursor staat. U kunt natuurlijk ook met ingedrukte linker muisknop een rechthoek selecteren, die na loslaten van de muisknop uitvergroot in het venster verschijnt.
- "Measure"
  Met "Measure" kunt u relatieve metingen uitvoeren. Trek met ingedrukte linker muisknop een rechthoek en u ziet naast de cursor twee "delta"-waarden verschijnen. Deze geven de relatieve waarden op de twee assen aan, dus de lengte en de breedte van de rechthoek.
- "Pan"
  Met "Pan" kunt u met ingedrukte linker muisknop de grafiek in het venster verplaatsen en met ingedrukte rechter muisknop zowel de horizontale als de verticale schaal aanpassen.

**Stap 6:**
**werken met de markers**

Klik op de knop "Marker" en er verschijnen twee horizontale en twee verticale markers. De rechthoek die door de vier markers is ingesloten wordt gestippeld weergegeven. U kunt deze markers met ingedrukte linker muisknop verplaatsen en zo nauwkeurig spanning- en tijdverschillen meten. De twee "delta"-waarden verschijnen links onder in een zwart kader in beeld.

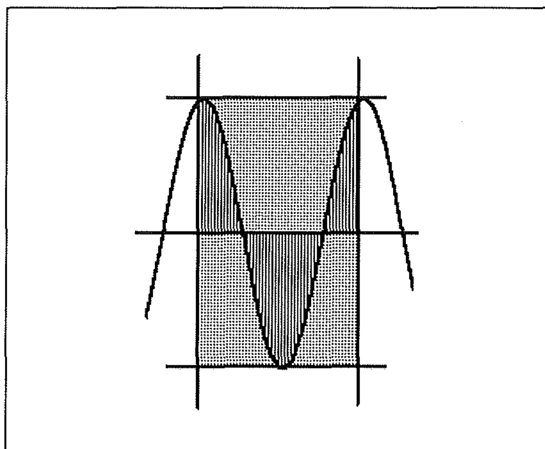



**Figuur 3/8.9.26-17:** Het werken met de "Measure"-optie van de knop "Cursor Mode".

De knop "Marker" levert een pop-up venster met vier opties.

- "Find min/max"
  De software zet de twee horizontale markers automatisch op de minimale en maximale waarde van het signaal.
- "Find periode"
  De software probeert in het signaal een periode te ontdekken en zet de twee verticale markers op begin- en eindtijd van één periode. Dat lukt natuurlijk niet altijd, u zult vaak signalen meten die niet-periodiek zijn.
- "Calculate integral"
  Deze optie berekent het oppervlak van de door de vier markers ingesloten curve.
- "Cut time-axis"
  Met deze optie wordt alleen dat deel van de curve tussen de twee verticale cursoren geselecteerd, de vorige en latere metingen verdwijnen definitief uit de plot.

In figuur 3/8.9.26-18 hebben wij de opties "Find Period" en "Find min/max" op de curve losgelaten.



**Figuur 3/8.9.26-18:** Het toepassen van de opties "Find period" en "Find min/max" op de curve.

**Stap 7:**
**printen van de plot**

Na een druk op de knop "Print" verschijnt het printvenster van figuur 3/8.9.26-19 in beeld. U kunt hier uw print-out op alle gewenste manieren instellen.

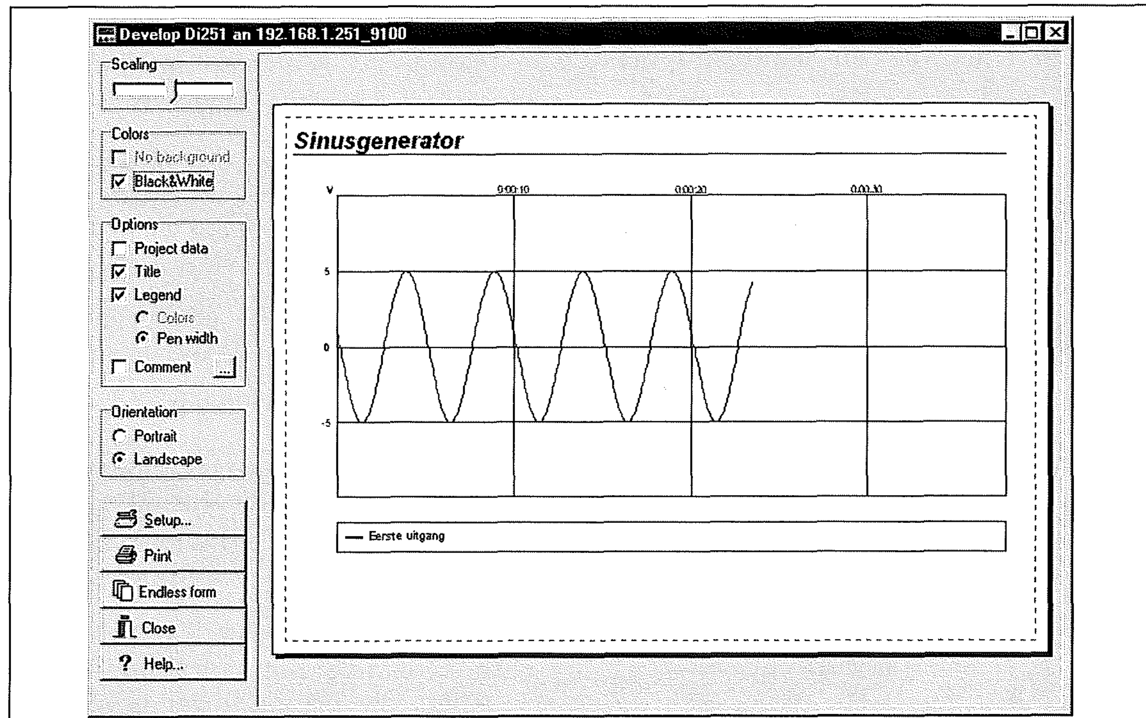
- "Scaling"
  Vergroot of verkleint de afmetingen van de print.
- "Colors"
  De optie "No background" verwijdert de achtergrond die u eventueel heeft ingesteld (zie later). Met "Black&White" wordt alles uiteraard in zwart afgedrukt.
- "Options"
  Hier stelt u in welke gegevens u op de print-out wilt hebben. "Project data" zijn gegevens over het project (zie later), "Title" zet de door u ingevoerde naam van de "Plotter" op papier, "Legend" print ook de namen die u aan uw "Curves" heeft toegekend. Met "Comment" kunt u uw print-out voorzien van extra commentaar.
- "Orientation"
  U kiest liggende ("Landscape") of staande ("Portrait") afdruk.
- "Setup"
  In het bekende Windows-venstertje kunt u een printer selecteren en configureren.
- "Print"
  De print wordt gemaakt.
- "Endless form"
  Met deze optie kunt u de curve op diverse vellen papier afdrukken, die u nadien aan elkaar kunt plakken, zie figuur 3/8.9.26-20. U kunt echter deze optie ook gebruiken om alleen een deel van de totale curve af te drukken. In "Overview" ziet u uit hoeveel vellen papier uw print-out zal bestaan. In "Time range per page" stelt u in hoeveel dagen, uren, minuten en seconden van de totale tijd-as er op één vel worden afgedrukt. Met "Start" stelt u de begintijd van de afdruk in, met "End" uiteraard de eindtijd. Op deze manier kunt u dus alleen het interessante deel van de curve afdrukken.

**Stap 8:**
**exporteren van uw meetgegevens**

De meetgegevens van de actuele "Curve" kunt u exporteren naar een tekstbestand. Na klikken op de knop "Export" verschijnt het venster van figuur 3/8.9.26-21 op uw scherm. Ook hier kunt u uiteraard opties invullen.

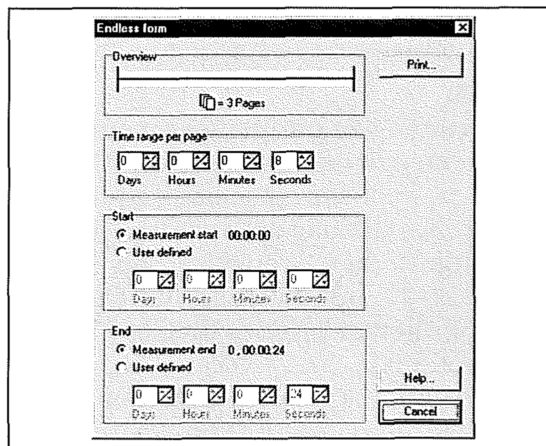
- "Options"
  Met "Export time information" kunt u aangeven dat de tijdinformatie in het bestand wordt opgenomen en wel absoluut "Absolute hh:mm:ss" of relatief "Relative".

## 8.9 Software voor de ontwerper




**Figuur 3/8.9.26-19:** Het "Print"-venster.

In het laatste geval wordt de tijd van de eerste meting op 0 gesteld en telt de tijd-as gewoon het tijdinterval tussen de gemeten samples .

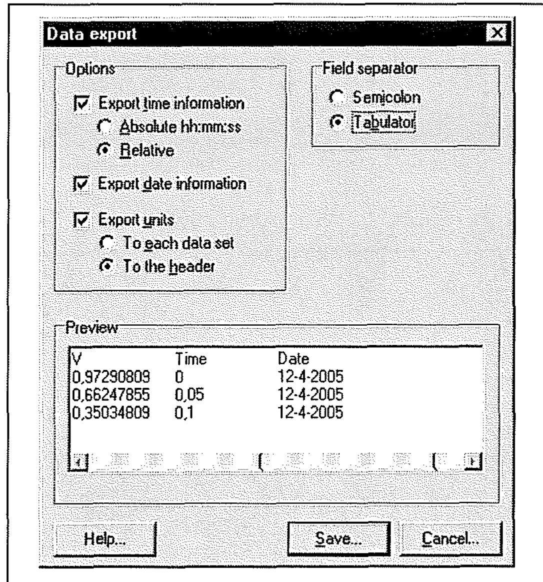



**Figuur 3/8.9.26-20:** In dit venster stelt u de parameters van een "eindeloze afdruk" in.

Via "Export date information" kunt u bij iedere meting of alleen in de header van het tekstbestand de actuele tijdinformatie opnemen.

- "Field separator"
  Deze optie is zeer belangrijk, de keuze is afhankelijk van het programma waarin u de gegevens wilt importeren. Sommige database programma's accepteren namelijk alleen puntkomma's ("Semicolon") als scheiding tussen de verschillende velden van een meting, andere alleen tab's ("Tabulator")
- "Preview"
  In dit venster ziet u de header en de eerste drie regels van de gegevensuitvoer. U kunt aan de hand hiervan controleren of u alle opties goed heeft gekozen.

**8.9 Software voor de ontwerper**

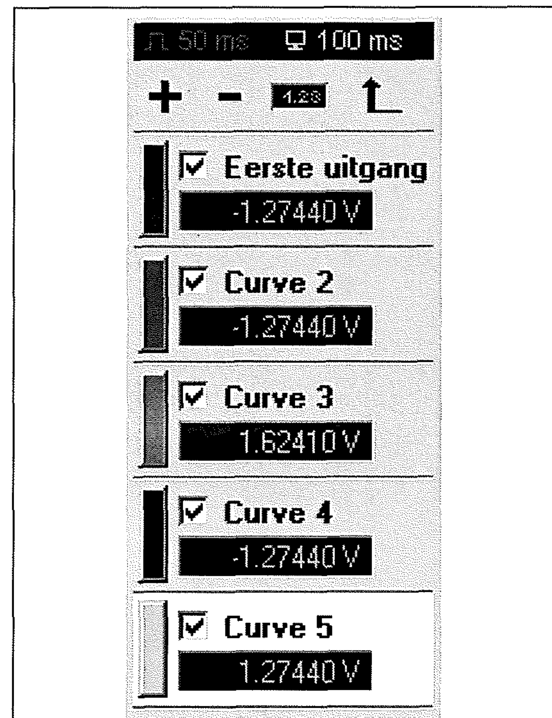



**Figuur 3/8.9.26-21:** Het venster "Data export", waarin u het formaat van het te exporteren tekstbestand instelt.

**Stap 9:**
**uw project bewaren**
U kunt tot slot uw project, met alle instellingen én alle meetgegevens bewaren, zodat u er later weer gebruik van kunt maken. Met de opties "Save" of "Save as" uit het menu "File" kunt u het meetproject bewaren als een .RLV bestand. Uiteraard kunt u via "Open" zo'n project weer in "RealView" laden.

# Overige specificaties

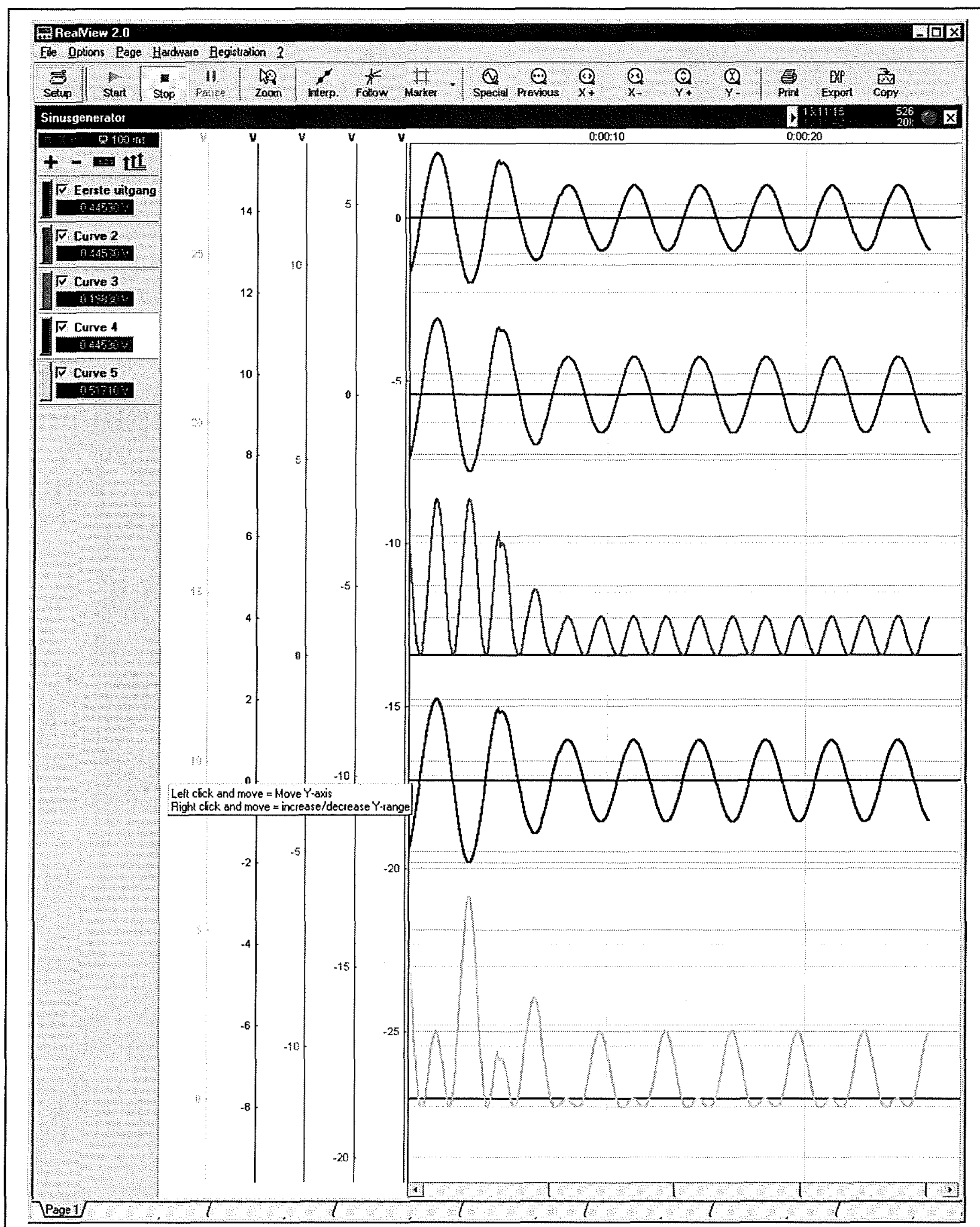
**Meer dan één "Curve" in een "Plotter"**
"RealView" start op met één "Plotter" met één "Curve" klaar voor gebruik. U kunt aan deze "Plotter" snel "Curves" toevoegen, zodat u meer gegevens met dezelfde tijdsindeling en dezelfde sample rate kunt bewonderen. Links boven in het venster van de "Plotter" ziet u een klein knoppenbalkje, zie figuur 3/8.9.26-22, waarmee u dat kunt realiseren. Klik op de knop "+", onmiddellijk verschijnt "Curve 2" in de lijst en in het "Channel configuration" venster van deze nieuwe "Curve" kunt u op de beschreven manier dit kanaal configureren. Zoals reeds geschreven in de Highlights is het unieke van "RealView" dat u aan deze nieuwe "Curves" de uitgangen van willekeurige meetapparaten kunt toekennen.




**Figuur 3/8.9.26-22:** Het openen van diverse "Curves" in één "Plotter".

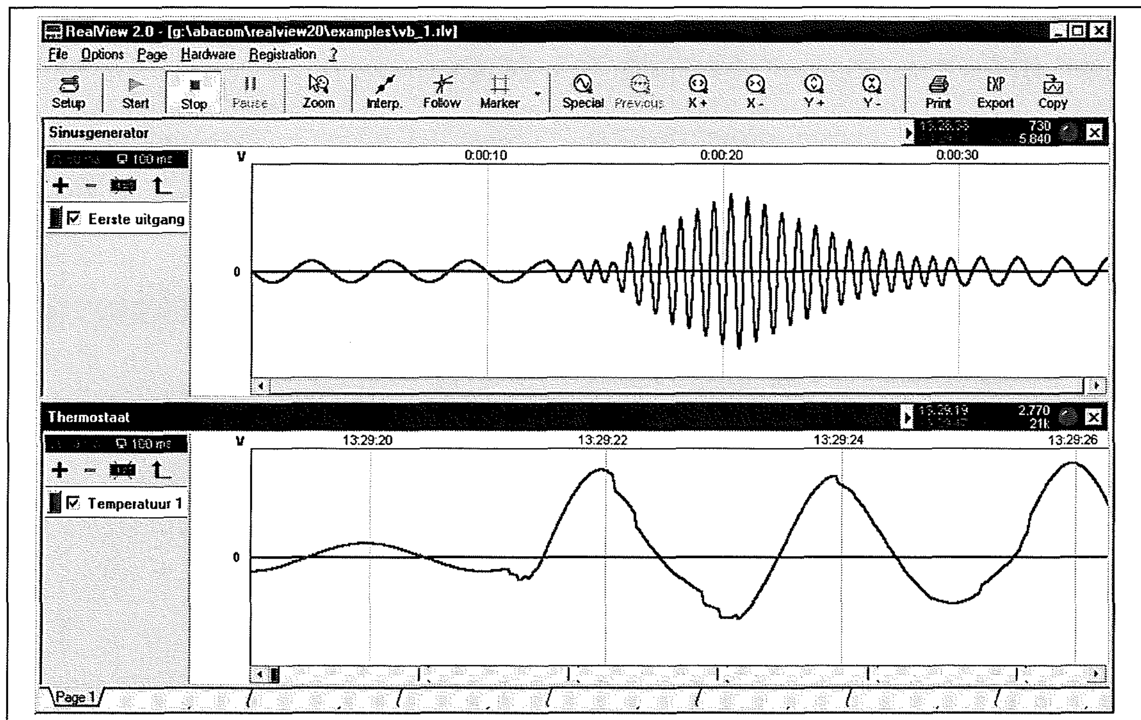
Met de knop "-" kunt u "Curves" definitief uit de "Plotter" verwijderen. Met het aanvinkhokje naast de "Curve"-naam kunt u de betreffende "Curve" even uit het beeld verwijderen.
Naast deze twee knoppen ziet u een digitaal display met een kruis er door.

## 8.9 Software voor de ontwerper




**Figuur 3/8.9.26-23:** Het instellen van nulpunt en schaal van de diverse assen zorgt ervoor dat de verschillende "Curves" netjes onder elkaar in beeld verschijnen.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.26-24:** Het openen van twee subvensters met ieder een eigen "Plotter".

Als u hierop klikt, worden de actueel ingelezen meetgegevens van alle "Curves" onder de vorm van een digitaal display in het lijstje opgenomen. Met de rechtse knop, die met het symbool van een assenstelsel, kunt u aan iedere "Curve" een eigen verticale as toekennen, zie figuur 3/8.9.26-23.

**De assen manipuleren**

In figuur 3/8.9.26-23 ziet u iets merkwaardigs: het nulpunt van de vijf verticale assen valt niet samen en bovendien hebben zij een andere schaalindeling. Een unieke functie van "RealView" is dat u snel met de muis de diverse "Curves" in de "Plotter" zo kunt instellen dat zij elkaar niet overlappen. Als u met de muis op een van de assen gaat staan, ziet u het in figuur 3/8.9.26-23 voorgestelde kadertje. Als u de linker muisknop ingedrukt houdt en de muis naar boven of naar onder beweegt, kunt u het nulpunt van de betreffende "Curve" verplaatsen. Doet u hetzelfde met de rechter muisknop, dan kunt u de schaalindeling aanpassen. Op deze praktische manier heeft u binnen tien seconden alle grafieken zó ingesteld dat ze netjes onder elkaar in beeld verschijnen zonder overlapping. De assen hebben dezelfde kleur als de "Curves", het aflezen van het beeld gaat dus erg overzichtelijk.

**Meer dan één "Plotter" configureren**

In het werkvenster van "RealView" kunt u verschillende "Plotters" openen. Iedere "Plotter" verschijnt óf in een deelvenster, óf op een eigen pagina. U doet dat met de opties in het "Page"-menu. Selecteer "Split vertical" of "Split horizontal" als u de diverse "Plotters" in het-

zelfde venster wilt zien. Selecteer "New Page" als u iedere "Plotter" op een eigen pagina van het project wilt onderbrengen. Als u deze laatste optie verkiest krijgt u automatisch een venstertje in beeld, waarin u aan de pagina een naam kunt toekennen.

**Belangrijke opmerking**

Als u met meer dan één "Plotter" werkt, kan er altijd maar één "Plotter" actief zijn. De knoppen van de knoppenbalk zijn alleen van toepassing op de geactiveerde plotter, dus ook "Start", "Stop" en "Pause".

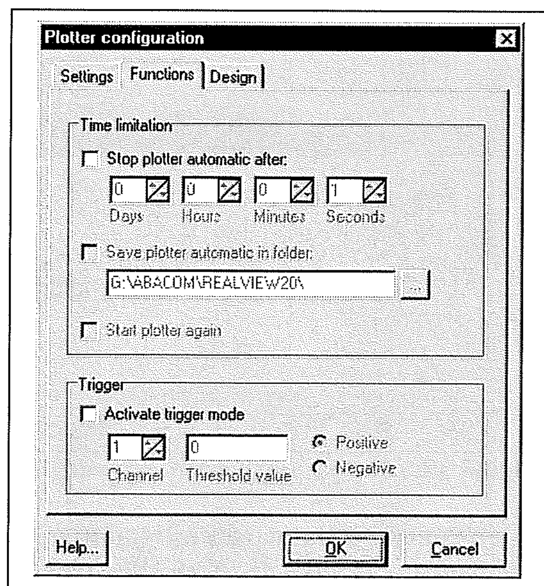
**Uitgebreid configureren van "Plotters"**

Aan de hand van figuur 3/8.9.26-13 heeft u geleerd hoe u aan uw "Plotters" namen, sample rates en display refresh rates kunt toekennen en hoe u de tijd-as instelt. Het "Plotter configuration"-venster heeft echter twee extra tab's die we nu gaan bespreken.

- "Functions"

  In deze tab van figuur 3/8.9.26-25 kunt u de repeterende plotfunctie configureren. Met "Time limitation" stelt u de tijdsduur van één plot in. Met "Save plotter automatic in folder" selecteert u een folder waarin "RealView" de plotterdata automatisch moet opbergen. Met "Start plotter again" maakt u kenbaar dat na het saven van een plot het programma automatisch een nieuwe plot moet opstarten.

  Met "Trigger" definieert u een waarde van de gemeten grootheid van een "Curve" waarop het plotten automatisch moet starten. U voert het "Curve"-nummer in ("Channel"), de grootte van de triggerdrempel ("Threshold value") en de positieve of negatieve flank waarop de triggervoorwaarde moet reageren ("Positive" of "Negative"). Als u bijvoorbeeld een threshold van 1 V instelt en "Positive" selecteert, dan zal de trigger reageren als de gemeten spanning stijgt van minder dan 1 V naar meer dan 1 V.



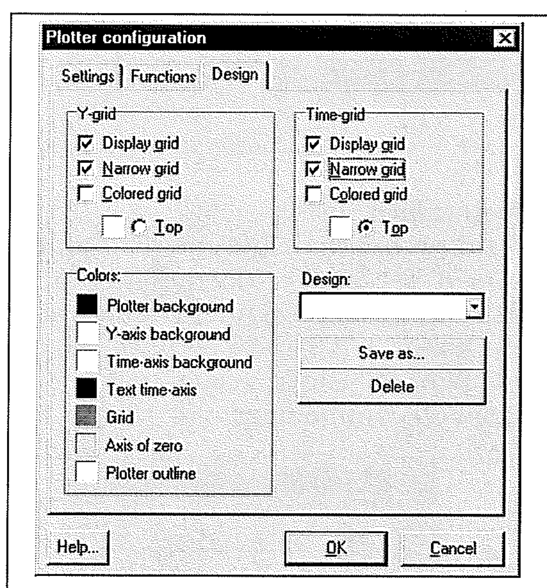

**Figuur 3/8.9.26-25:** De opties in de tab "Functions" van de "Plotter configuration".

- "Design"

  In deze tab, zie figuur 3/8.9.26-26, kunt u het uiterlijk van uw plots aanpassen. Met de opties in "Y-grid" en "Time-grid" kunt u de rasterlijnen in- of uitschakelen ("Display grid"), het aantal rasterlijnen vergroten ("Narrow grid") en een kleur aan de horizontale en verticale rasterlijnen geven ("Colored grid"). De "Top"-opties geven aan of de horizontale kleur boven op de verticale kleur komt of vice versa.

  Met "Colors" kunt u de kleuren van alle onderdelen en teksten van uw

plot's instellen. Met "Design" kunt u aan uw ontwerp een eigen naam geven of een van de voorgedefinieerde ontwerpen toepassen. In figuur 3/8.9.26-27 is als voorbeeld het design "Black" aan de sinusgenerator toegekend.

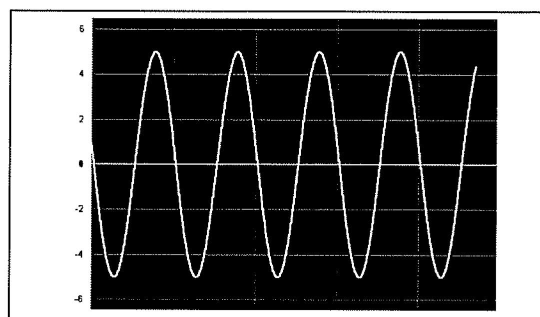



**Figuur 3/8.9.26-26:** De opties in de tab "Design" van de "Plotter configuration".

# Minder belangrijke opties

### Inleiding
Hiermee hebben wij alle belangrijke functies en opties van "RealView" aan u voorgesteld. Rest nog wat minder belangrijke toe te lichten.

### TEMP directory
Met deze optie, te vinden in het menu "Options", kunt u de directory selecteren waarin "RealView" de gemeten gegevens opslaat alvorens deze onder een eigen naam naar een bestand te schrijven. Als u meer dan één harde schijf in uw systeem heeft, moet u deze tijdelijke directory instellen op de snelste harde schijf. Deze tijdelijke bestanden worden verwijderd als u "RealView" afsluit. Blijft het programma hangen, dan worden deze tijdelijke bestanden niet verwijderd en moet u ze handmatig verwijderen. Deze bestanden hebben de structuur RV_getal.TMP.




**Figuur 3/8.9.26-27:** Het design "Black", een van de ontwerpen die bij het programma worden geleverd

### Timing
De samenwerking tussen een extern meetapparaat, "RealView" en uw PC vergt nogal wat rekenkracht van de processor. Bovendien vraagt Windows op de achtergrond altijd de nodige aandacht van de processor. Als u merkt dat, tijdens het werken met "RealView", de muis hortend en stotend over het scherm beweegt is dat een teken dat uw processor alle taken niet aan kan. U kunt dan de mate waarin het programma een beroep doet op de processor wat verlagen door de timing in te stellen. U vindt deze opties in het menu "Options" waar u een van drie opties kunt selecteren, namelijk:
- "Timing voor fast systems" (snel);
- "Timing for normal systems" (normaal);

– "Timing for slow systems" (traag).

**Error indicator**

Een andere indicatie dat "RealView" uw processor overbelast is dat de rode "LED", in de titelbalk van een "Plotter"-venster, gaat knipperen. U moet dan de sample rate verlagen.

**Project template**

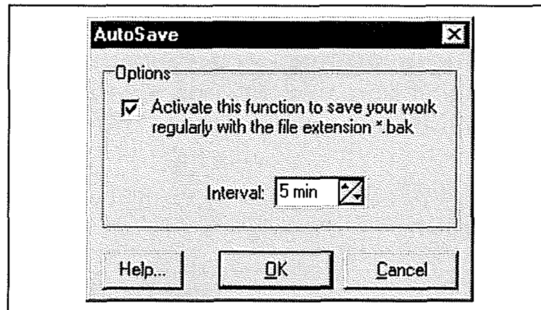
In het menu "File" treft u de optie "Project template" aan. In deze template worden alle basisinstellingen die u heeft ingevoerd overgenomen voor toekomstig gebruik. De template bevat de hardware selecties en de instellingen van de "Plotters" en de "Curves". Deze gegevens worden opgenomen in het bestand "DEFAULT.DAT" en worden bij iedere nieuwe start van het programma geladen. Heeft u bepaalde instellingen gemaakt die u altijd wilt toepassen, dan kunt u deze instellingen via deze optie naar het genoemde bestand schrijven. Dat spaart dus een heleboel configuratiewerk!

**Autosave**

Via deze functie, op te roepen via het menu "File", kunt u uw project automatisch om de zoveel minuten naar de harde schijf wegschrijven. In het venstertje van figuur 3/8.9.26-28 vult u het tijdinterval tussen twee auto-saves in. De back-up bestanden hebben de extensie .BAK in plaats van .RLV.

**Reset hardware**

Soms kan het voorkomen dat uw meetapparatuur niet meer communiceert met "RealView". In zo'n geval kan het helpen de hardware even te resetten via de optie "Reset" uit het menu "Hardware".




**Figuur 3/8.9.26-28:** Via dit venstertje zorgt u voor automatische back-up bestanden van uw project.

**Project info**

Via deze optie uit het menu "Options" kunt u het project documenteren met archiefgegevens. U kunt in het venstertje van figuur 3/8.9.26-29 een projectnaam invullen, uw eigen naam, uw bedrijfsnaam en commentaar.



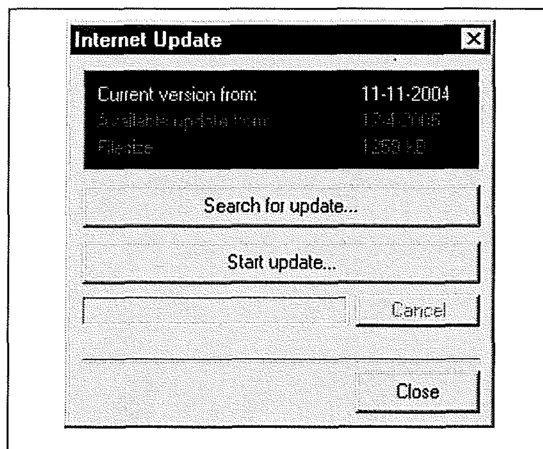

**Figuur 3/8.9.26-29:** Het documenteren van uw metingen via het venster "Project info".

**Internet Update**

Een interessante optie in versie 2.0, een optie die trouwens in alle nieuwe versies van alle Abacom producten wordt aangebracht, is de mogelijkheid het programma te updaten via Internet. Deze optie

**8.9 Software voor de ontwerper**

treft u aan onder het menu "?" en is voorgesteld in figuur 3/8.9.26-30. U ziet de datum van uw versie en de datum van de allerlaatste versie van het programma die op de Internetsite van Abacom ter beschikking staat. Dit laatste gegevens verschijnt in het venster na een klik op "Search for update". Na een klik op "Start update" wordt de nieuwere versie gedownload en automatisch in het programma geïnstalleerd.




**Figuur 3/8.9.26-30:** Het updaten van het programma via Internet.

# Nadere informatie

"RealView" versie 2.0 kost € 34,95 ex. 19 % BTW. De software van Abacom wordt in Nederland en Vlaanderen uit voorraad geleverd door onder andere:
Vego VOF
Postbus 32014, 7370 JA Landgraaf
Telefoon: 045-533.22.00
Fax: 045-533.22.02
E-mail: vego_vof@compuserve.com
Internet: www.vego.nl/abacom

## 8.9 Software voor de ontwerper

# 3/8.9.27

# Blokschema's simuleren met de ProfiLab's van Abacom

## Inleiding

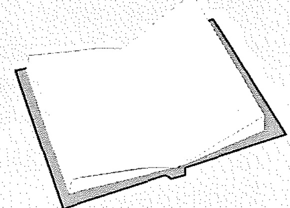
### Onbekend maakt onbemind

De programma's sPlan, Sprint Layout, Front Designer en Loch Master van Abacom zijn zeer bekend in studenten- en hobbykringen. Van deze programma's worden er, alleen al door de uitgever, honderden per jaar verkocht. Terecht, want deze programma's bieden voor heel weinig geld een schat aan functionaliteit. Des te opmerkelijker is het dat drie even prachtige programma's van Abacom, Digital ProfiLab, DMM ProfiLab en ProfiLab Expert, die populariteit niet delen. Dat is jammer, want in feite zouden deze programma's in geen enkele technische opleiding mogen ontbreken. Waarschijnlijk speelt hier het bekende spreekwoord "onbekend maakt onbemind" een grote rol.
In dit hoofdstuk laten wij u kennis maken met deze zeer bijzondere simulatiepakketten, die naar ons gevoel met recht de titel "dé educatieve elektronica software van dit moment" mogen dragen.

### Blokschematisch simuleren

U weet natuurlijk wat simulatie programma's zijn. U sleept weerstanden, condensatoren, op-amp's, dioden en transistoren naar een tekenvel en koppelt deze onderdelen aan elkaar tot een schema. U zet op de ingang een virtuele signaalgenerator en op de uitgang een virtuele oscilloscoop. Na een druk op de knop "Run" simuleert het programma het signaalverloop door de schakeling en zet de resultaten op het scherm van de gesimuleerde oscilloscoop.
Als u verwacht dat u met de ProfiLab's van Abacom dergelijke experimenten kunt uitvoeren heeft u het mis. De ProfiLab's zijn weliswaar simulatie programma's, maar zij werken op blokschematisch niveau. De programma's bevatten weliswaar meer dan honderd "onderdelen", maar weerstanden, condensatoren en dergelijke basiscomponenten zult u tevergeefs zoeken. Wél treft u zo ongeveer alle "zwarte doosjes" aan die u in een elektronisch blokschema kunt invoegen en nog veel meer unieke "onderdelen".

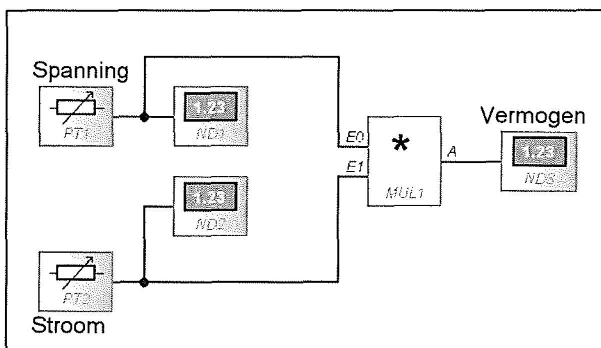
**LEES OOK:**
**Hoofdstuk 8/8.1**



**8.9 Software voor de ontwerper**

## Een voorbeeld

Laten wij aan de hand van een eenvoudig voorbeeld de basiswerking van de ProfiLab's voorstellen. In figuur 3/8.9.27-1 hebben wij het blokschema van een analoge vermogenmeter gesimuleerd. Volgens de overbekende formule P = U * I is het opgenomen vermogen gelijk aan het product van de spanning over het onderdeel en de stroom door het onderdeel.



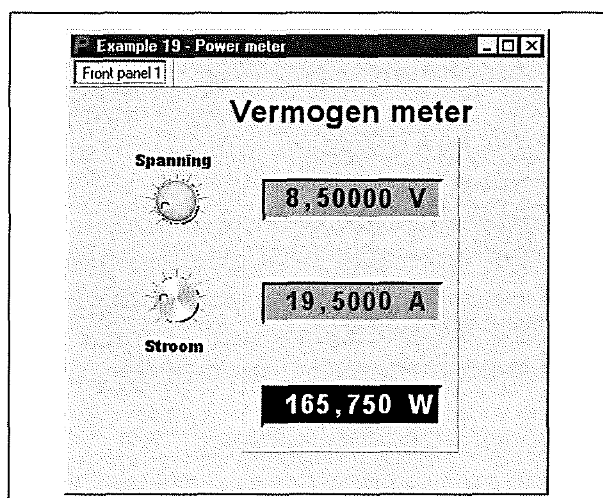

**Figuur 3/8.9.27-1:** Met dit eenvoudig voorbeeldje wordt duidelijk hoe u met de ProfiLab's op een zeer snelle manier elektronische blokschema's samenstelt en er de werking van simuleert.

U ziet vijf blokjes:

- PT1:
  PT staat voor "PotenTiometer", met dit blok kunt u een instelbare analoge waarde simuleren, in dit geval voor de spanning.
- PT2:
  Dit is de potentiometer waarmee u de stroom simuleert.
- ND1:
  ND staat voor "Numerical Display", een meetinstrument waarmee u een analoge grootheid kunt meten. Het zal duidelijk zijn dat u met dit display de waarde van de ingestelde spanning kunt meten.
- ND2:
  Met dit instrument meet u de waarde van de ingestelde stroom.
- MUL1:
  MUL staat voor "Multiplier", vermenigvuldiger. In dit blok zal ProfiLab de eigenlijke signaalbewerking, het vermenigvuldigen van spanning en stroom, uitvoeren.
- ND3:
  Met dit Numerical Display kunt u de uitgangsgrootheid van de vermenigvuldiger, dus het vermogen, zichtbaar maken.

## Frontpaneeltjes

Een andere unieke eigenschap van de ProfiLab's is dat u voor ieder blokschema een virtueel frontpaneeltje kunt ontwerpen, waarmee u de werking van het blokschema kunt simuleren, ingangsgrootheden kunt wijzigen en uitgangsgrootheden kunt meten. In figuur 3/8.9.27-2 hebben wij het frontpaneeltje, dat hoort bij het blokschema van figuur 3/8.9.27-1, voorgesteld.




**Figuur 3/8.9.27-2:** Het frontplaatje dat hoort bij het blokschema van de analoge vermenigvuldiger van figuur 3/8.9.27-1.

U ziet links twee potentiometers, die horen bij de blokken PT1 en PT2. U kunt deze potentiometers met de muis verdraaien en op deze manier de uitgangswaarde van de blokken PT1 en PT2 instellen op de door u gewenste waarde. Rechts zie u drie digitale schalen. Deze schalen horen bij de numerieke display's ND1, ND2 en ND3. U kunt dus op het bovenste display de waarde aflezen die u met de spanningspotentiometer instelt. Hetzelfde geldt voor het middelste display waarop u de ingestelde stroom afleest. Op het onderste display leest u uiteraard de waarde af van het door ProfiLab berekende vermogen.
Deze frontplaatjes kunt u geheel naar eigen wens indelen, van teksten voorzien en u kunt zelfs de presentatie van de diverse in- en uitgangen aan uw smaak aanpassen. Zo kunt u bijvoorbeeld de knoppen van de potentiometers voorzien van een lineaire of logaritmische schaal, de kleur van de knop aanpassen en zelfs de kleur van de pointer op een afwijkende kleur instellen.

**Drie soorten componenten**

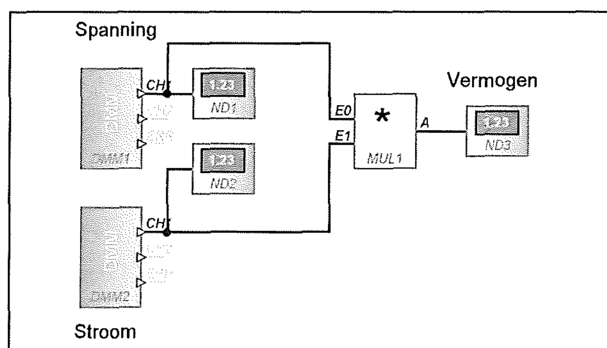
Uit dit eenvoudig voorbeeld kunt u afleiden dat u drie verschillende soorten componenten ter beschikking heeft.

- Input componenten:
  Met deze componenten kunt u een grootheid invoeren. Hierbij moet u denken aan potentiometers, schakelaars, HEX-selectoren, ASCII-selectoren, generatoren, timers en klokken. Deze componenten hebben allemaal een symbool dat automatisch op de frontplaat wordt geplaatst.
- Uitvoerende componenten:
  Deze componenten doen iets met uw invoergegevens. U moet daarbij denken aan poorten, flip-flop's, tellers, decoders, comparatoren, correctietabellen, versterkers, adders, begrenzers, ADC's, DAC's, etc. Deze componenten hebben geen symbolen die u op de frontplaat kunt zetten.
- Output componenten:
  Het zal duidelijk zijn dat u hiermee de grootheden die in het blokschema aanwezig zijn kunt meten of er iets mee kunt doen. Ook deze onderdelen hebben uiteraard een symbool dat op de frontplaat wordt opgenomen. De ProfiLab's hebben meer aan boord dan u voor mogelijk houdt. Naast componenten die u verwacht, zoals display's, LED's, meters, plotters, logische analyzers en oscilloscopen heeft u de beschikking over nogal extreme output componenten. Wat denkt u bijvoorbeeld van de "Slide Projector" waarmee u afbeeldingen kunt "projecteren" afhankelijk van de ingangsvoorwaarden? Of van de "Execute", waarmee u automatisch een EXE-bestand kunt laten opstarten als aan een bepaalde ingangsvoorwaarde wordt voldaan? Met de "Sound Module" kunt u, alweer in relatie tot de ingangsvariabele, diverse WAV-bestanden afspelen.

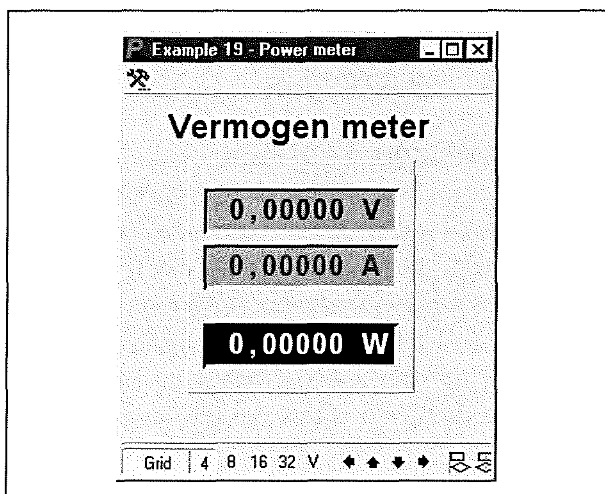
**Universeelmeters inlezen**

Een unieke eigenschap van twee van de drie ProfiLab's is dat u deze programma's kunt laten communiceren met externe meetapparatuur. U kunt bijvoorbeeld een of twee digitale universeelmeter via een van uw COM-poorten op uw PC aansluiten. De programma's beschouwen deze DUM dan als een input component en u kunt de meetgegevens gebruiken voor het aansturen van uw blokschema. In figuur 3/8.9.27-3 hebben wij het eenvoudige voorbeeld van fi-

guur 3/8.9.27-1 op deze manier aangepast. De twee potentiometers zijn nu vervangen door de blokjes DMM1 en DMM2. U moet natuurlijk deze meters configureren, zodat ProfiLab weet op welke COM-poort iedere meter zit, wij komen daar later op terug. Na een klik op "Run" worden de twee datastromen van de meters ingelezen, met elkaar vermenigvuldigd en u ziet het resultaat van de meting op het frontpaneeltje van figuur 3/8.9.27-4.

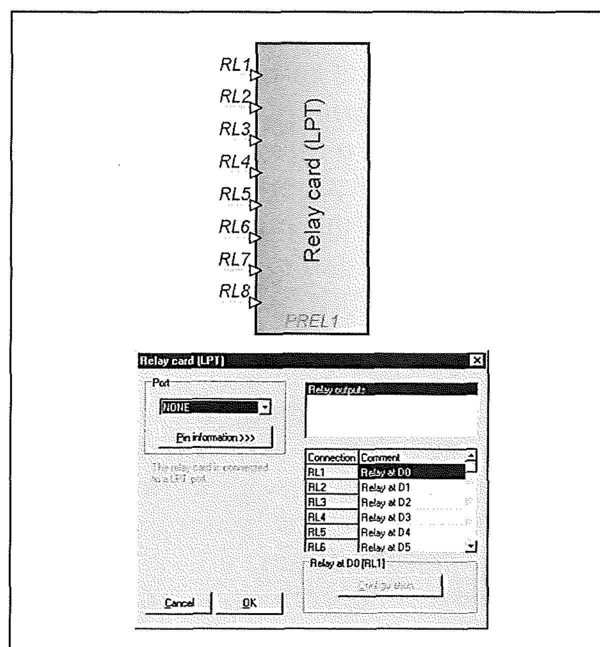



**Figuur 3/8.9.27-3:** Onze vermogenmeter communiceert nu met twee digitale universeelmeters, die u via COM1 en COM2 op uw PC heeft aangesloten.




**Figuur 3/8.9.27-4:** Het frontplaatje van het blokschema van figuur 3/8.9.27-3.

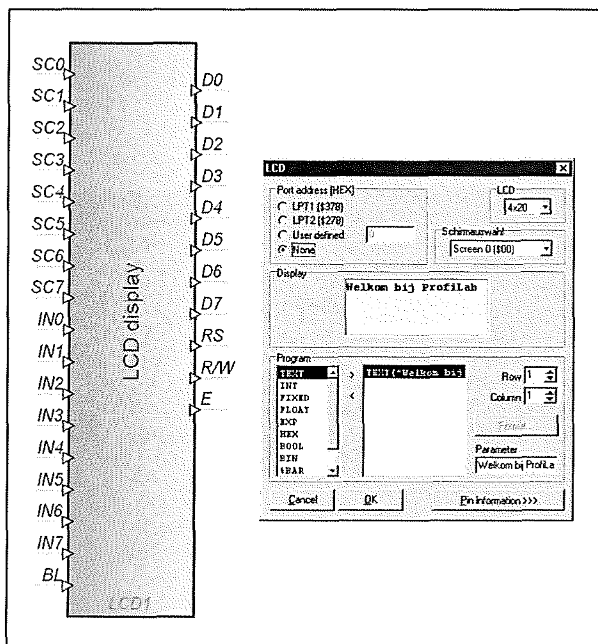
**Gegevens uitvoeren naar relaiskaarten**
De grootheden die ergens in uw blokschema ontstaan kunt u gebruiken voor het aansturen van externe hardware zoals relaiskaarten. Deze kaarten kunt u op een van de parallelle poort van uw PC aansluiten. Uiteraard kunt u deze koppeling volledig configureren, zie figuur 3/8.9.27-5. U kunt de acht ingangen van de kaart, RL1 tot en met RL8, koppelen aan de acht relaisuitgangen van de kaart. Naast het besturen van ordinaire relaiskaarten bezitten de ProfiLab programma's ook interfaces voor meer complexe kaarten die behalve relais ook DAC's en ADC's bevatten.




**Figuur 3/8.9.27-5:** Het uitvoeren van interne gegevens naar de buitenwereld door middel van een relaiskaart.

**Gegevens uitvoeren naar display's**
De ProfiLab programma's hebben de mogelijkheid gegevens uit te voeren naar externe alfanumerieke LCD-display's, voor zover deze zijn uitgerust

met een HD44780 controller. Abacom maakt het u hierbij wel heel erg gemakkelijk! In een lijstje kunt u 256 zogenoemde "SCREENS" definiëren, zie figuur 3/8.9.27-6. Voor ieder SCREEN kunt u het tekstje invullen dat op het display moet worden weergegeven. De selectie van de SCREENS wordt uitgevoerd door de digitale niveaus op de signalen SC0 tot en met SC7. Het programma ondersteunt LCD-display's met 1 x 8 tot 4 x 16 karakters.




**Figuur 3/8.9.27-6:** Met het blok "LCD Display" kunt u de software van Abacom laten communiceren met externe alfanumerieke LCD-display's.

## Macro's

Macro's zijn delen van een blokschema die een zelfstandige functie vervullen. U kunt zo'n deelschema exporteren naar een macro. Vanaf dát moment kunt u dit deelschema in een nieuw project opnemen als ware het één component. Het zal u wel duidelijk zijn dat dit een zeer krachtige functie van de ProfiLab's is omdat u er snel nieuwe componenten mee kunt maken die u vaak nodig heeft. Ook ingewikkelde digitale functies, die niet in de bibliotheek zitten, kunt u op zo'n manier tóch beschikbaar maken.

## 16 bit brede bussen

Als u digitale schakelingen ontwerpt heeft u natuurlijk vaak te maken met bussen. ProfiLab ondersteunt tot 16 bit brede bussen. Componenten die op de bus worden aangesloten, zoals (de)multiplexers, ADC's, DAC's, tellers, registers en latches, hebben een instelbare busbreedte. U kunt de busbreedte bij deze componenten op maximaal 16 bit instellen.

## Compiler

De duurste ProfiLab heeft een ingebouwde compiler. Met deze utility kunt u uw project omzetten in een uitvoerbaar EXE-bestand. De voordelen daarvan moet u niet onderschatten. Met zo'n EXE-bestand kunt u uw project op gelijk welke PC opstarten en draaien, zonder dat ProfiLab geïnstalleerd is op dat systeem. Wij hebben als voorbeeld het project van figuur 3/8.9.27-1 gecompileerd. Het resultaat is een EXE-bestand van 3,9 MB plus nog tien andere bestanden, hoofdzakelijk DLL's. U moet dit zootje kopiëren naar de harde schijf van een andere computer. Als u het programma opstart verschijnt het frontpaneel van figuur 3/8.9.27-2 op uw scherm en kunt u de potentiometers met de muis bedienen.

## Besluit

U zult het ongetwijfeld met ons eens zijn: zet uw verbeelding aan het werk en u ziet tientallen toepassingen, waarvoor u deze

prachtige programma's kunt gebruiken! Of het nu gaat over het ontwerpen van besturingen voor de modelspoorwegbaan, domotica, industriële processen of gewoon voor educatieve doeleinden, met de ProfiLab's kunt u vrijwel alle in een blokschema te vatten processen simuleren. Zeker de compiler-utility kan in het technisch onderwijs zeer nuttig zijn en dat niet alleen in het elektronica praktijklokaal!

**Drie versies**
Abacom levert drie verschillende versies van ProfiLab.

- Digital ProfiLab:
  Dit is de eenvoudigste versie en deze is voornamelijk bedoeld voor het simuleren van digitale schakelingen. U kunt géén digitale meters inlezen, maar wél relaiskaarten sturen.
- DMM ProfiLab:
  Deze versie is speciaal ontworpen voor de communicatie met digitale universeelmeters. Vandaar dat de componentenbibliotheek voornamelijk analoge blokken bevat. Uitvoer van meetgegevens naar relaiskaarten is wél aanwezig, maar daar staat tegenover dat u geen macro's kunt maken.
- ProfiLab Expert:
  Deze duurste versie bevat alle specificaties van de twee eenvoudigere versies, bevat extra tamelijk exotische componenten en heeft bovendien de unieke compiler-utility.

# Installeren

**Inleiding**
Net zoals bij de bekendere Abacom programma's is het installeren van de drie versies van ProfiLab een fluitje van een cent. U zet de CD-ROM in uw drive en de installatie start automatisch op.

**Compatibiliteit**
De ProfiLab's zijn bruikbaar onder Windows 95, 98, ME, NT, 2000 en XP.

**Installatie**
Na het inleggen van de CD-ROM verschijnt automatisch een openingsscherm, waarin u kunt kiezen voor Duitse of Engelse installatie van het programma, zie figuur 3/8.9.27-7. Misschien dat onze Vlaamse lezers het wel handig vinden dat ProfiLab Expert ook een Franstalige installatie kent.

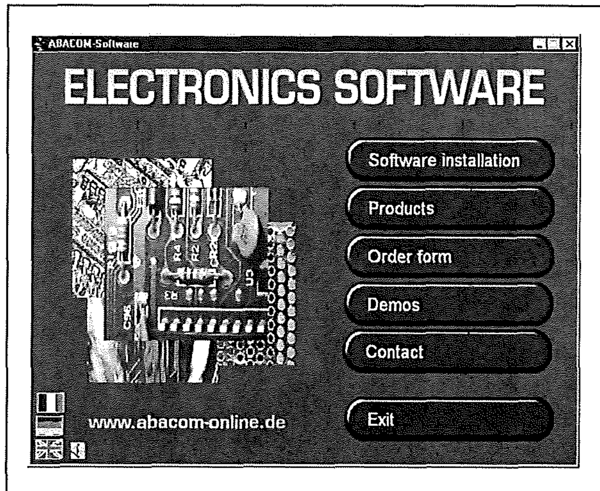



**Figuur 3/8.9.27-7:** In dit openingsscherm kiest u de taal waarin u het programma wilt installeren.

In deze bespreking wordt uitgegaan van de Engelstalige installatie. Na het aanklikken van de taalkeuze ziet u het venster van figuur 3/8.9.27-8 verschijnen. U klikt hierin uiteraard op de optie "Software installation".
Vervolgens verschijnt het van Windows bekende venster "Set-up Wizard", zie figuur 3/8.9.27-9. Na een klik op "Next" kunt u in het venster van figuur

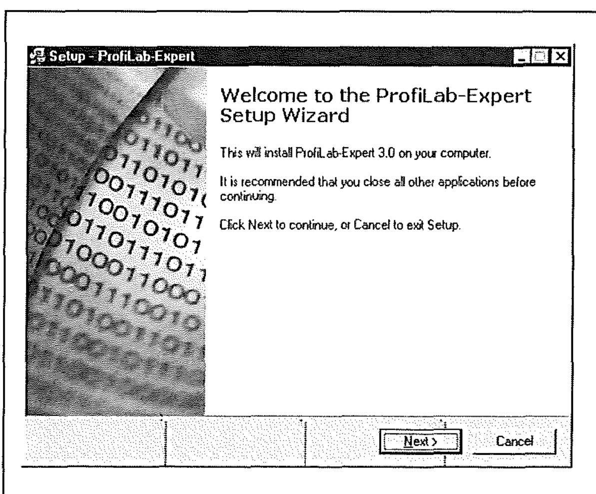
**8.9 Software voor de ontwerper**

3/8.9.27-10 de directory selecteren waarin het programma wordt geïnstalleerd.

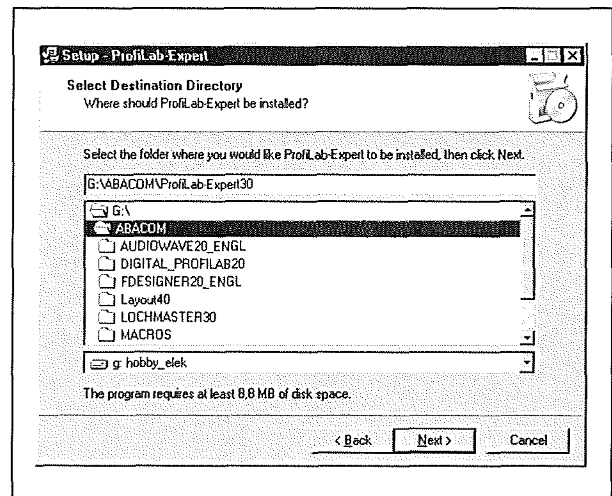



**Figuur 3/8.9.27-8:** In het volgende venster kiest u voor "Software installation".

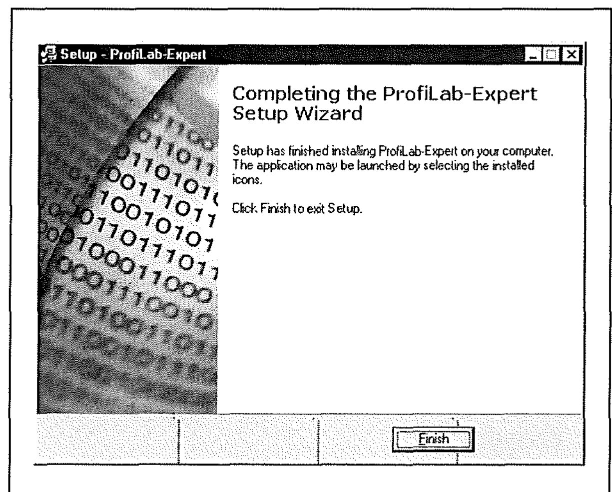
De "Set-up Wizard" maakt in deze directory een subdirectory "ProfiLab" aan. Na een venster waarin u de "Start Menu Folder" kunt selecteren verschijnt het venster "Ready to Install". Uw klik op de optie "Install" zorgt ervoor dat ProfiLab in een paar minuutjes wordt geïnstalleerd, zie figuur 3/8.9.27-11. U kunt nadien de CD-ROM weer opbergen.




**Figuur 3/8.9.27-9:** Het bekende venster "Setup" van Windows.




**Figuur 3/8.9.27-10:** Het selecteren van de installatie-directory.



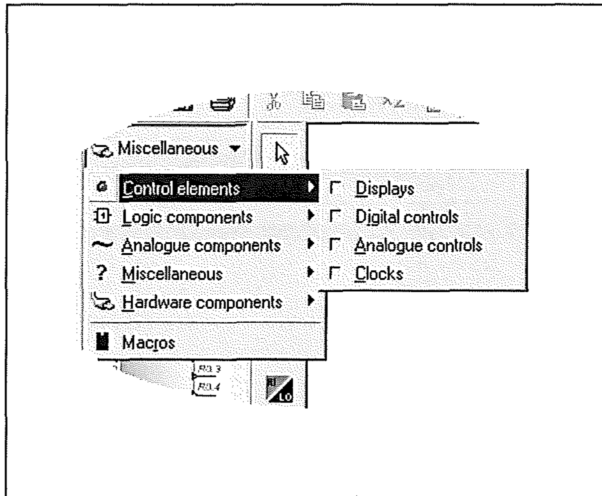

**Figuur 3/8.9.27-11:** Na een paar minuten zijn alle bestanden gekopieerd en kunt u aan de slag.

# De componenten

## Inleiding

De meegeleverde componenten zijn de absolute basis van de ProfiLab's en vandaar dat wij die vrij uitgebreid gaan bespreken. De componenten staan in diverse bibliotheken die u in het linker venster van het programma kunt selecteren, zie figuur 3/8.9.27-12.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.27-12:** Het selecteren van componenten.

U kunt kiezen uit zes hoofdgroepen, die ieder weer gesplitst zijn in een aantal subgroepen:
- Control elements;
- Logic components;
- Analogue components;
- Miscellaneous;
- Hardware components;
- Macro's.

De hoofdgroep "Control elements" bevat bijvoorbeeld de subgroepen:
- Display's;
- Digital controls;
- Analogue controls;
- Clocks.

De indeling is vrij logisch, zodat u na een paar uurtjes werken met het programma geen moeite meer zult hebben met het snel vinden van een bepaald onderdeel.

## Overzicht

Wij geven u een volledig overzicht van alle componenten die in versie 3.0 van ProfiLab Expert ter uwer beschikking staan. Tussen haakjes staat een J of een N als dit onderdeel wel of niet aanwezig is in respectievelijk DMM ProfiLab en Digital ProfiLab.

## Control elements

- Display's:

| | |
|---|---|
| LED | (J-J) |
| DUO-LED | (J-J) |
| Plastic lamp | (J-J) |
| LED-bar | (J-J) |
| Luminous row | (J-J) |
| Numeric display | (J-J) |
| Text display | (J-J) |
| HEX display | (J-J) |
| 7 segment display | (N-J) |
| Counter | (J-J) |
| Meter | (J-J) |
| Table | (J-J) |
| Y(t)-plotter | (J-N) |
| XY-plotter | (J-N) |
| 2-Channel-scope | (J-J) |
| Logic analyser | (N-J) |
| Slide projector | (J-J) |
| ASCII-Display | (N-J) |

- Digital controls

| | |
|---|---|
| Switch | (J-J) |
| Push button | (J-J) |
| Potentiometer, digital | (J-J) |
| Slider, digital | (J-J) |
| HEX selector | (J-J) |
| HEX selection | (J-J) |
| ASCII-Input | (J-J) |

- Analogue controls

| | |
|---|---|
| Adjustor (Potentiometer) | (J-J) |
| Adjustor (Slider) | (J-J) |
| Numeric input | (J-J) |
| Switch (2 inputs) | (J-J) |
| Push button (2 inputs) | (J-J) |
| Switch (2 outputs) | (J-J) |
| Push button (2 outputs) | (J-J) |

- Clocks

| | |
|---|---|
| Stop watch | (J-J) |
| Alarm clock | (J-J) |
| Day timer | (J-J) |
| Week timer | (J-J) |
| System time | (N-N) |
| System date | (N-N) |

**8.9 Software voor de ontwerper**

**Logic components**
- Gates
  - Inverter (J-J)
  - AND (J-J)
  - NAND (J-J)
  - OR (J-J)
  - NOR (J-J)
  - EXOR (J-J)
- Timers
  - Pulse generator (0,1 s ... 1000 s) (J-J)
  - Pulse generator (1 Hz ... 1 kHz) (J-J)
  - Monoflop (J-J)
  - Pulse, adjustable (0,1 s ... 1000 s) (J-J)
  - Pulse, adjustable (1 Hz... 1 kHz) (J-J)
  - Switch delay (J-J)
- Flip-flop's
  - RS-flip-flop (J-J)
  - RS-flip-flop with clock (N-J)
  - RS-flip-flop (master-slave) (N-J)
  - JK-flip-flop (master-slave) (N-J)
  - D-flip-flop (transparent latch) (N-J)
  - D-flip-flop (master-slave) (N-J)
- Counters
  - Counter (4/8/16 bit) (N-J)
  - Decade counter (4/8/16 bit) (N-J)
  - Counter (4/8/16 bit) with load (N-J)
  - Decade counter (4/8/16 bit) with load (N-J)
- Registers
  - Shift register (4/8/16 bit) (N-J)
  - Shift register (4/8/16 bit) with load (N-J)
  - Latch (4/8/16 bit) (N-J)
- Multiplexers (4/8/16 chan) (N-J)
- Demultiplexers (4/8/16 chan) (N-J)
- Decoders
  - BCD-Decoder (N-J)
  - 7-segment decoder (N-J)
  - Bus driver (N-J)
  - Address decoder (N-J)
- Arithmetic components
  - Full adders (2/4/8 bit) (N-J)
  - Digital comparator (4/8 bit) (N-J)
- RAM & ROM
  - RAM (N-J)
  - ROM (N-J)
- AD/DA
  - A/D-converter (2-16 bit) (N-J)
  - D/A-converter (2-16 bit) (N-J)

**Analogue components**
- Analogue functions
  - Amplifier (J-N)
  - Correction table (J-N)
  - Trigger (J-N)
  - Relay (2 Inputs) (J-N)
  - Relay (2 Outputs) (J-N)
  - Sample & hold (J-N)
  - Comparator (J-N)
  - Mean value (J-N)
  - Fixed value (J-N)
  - Signal generator (J-N)
  - Limiter (J-N)
  - Multiplexer (J-N)
  - Demultiplexer (J-N)
- Formula
  - Addition (J-N)
  - Subtraction (J-N)
  - Multiplication (J-N)
  - Division (J-N)
  - Integral (J-N)
  - Differential (J-N)

**Miscellaneous components**
- Frequency counter (N-N)
- DLL-Import (N-N)
- Macro pin (N-J)
- Ground (J-J)
- Vcc (+5 V) (J-J)
- Delay (N-J)
- Power-on-reset (J-J)
- Random (J-J)
- Sound module (J-J)
- Execute (N-N)
- Data recorder (J-N)
- AudioWave 2.0 - message (J-J)
- Simulation stop (J-J)
- Sampler (J-N)

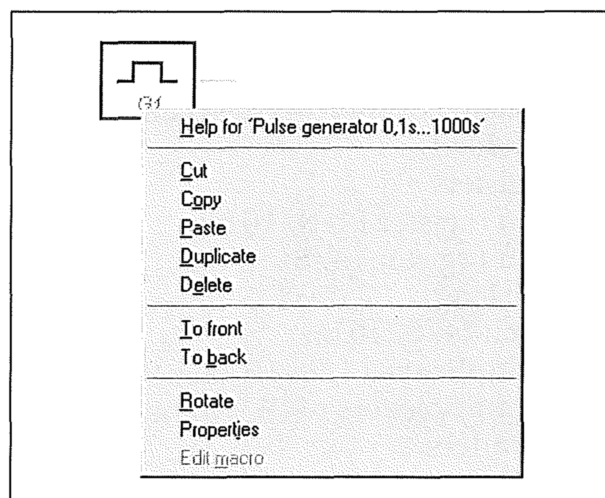
- Front panel activate (J-J)
- File read bytes (N-J)
- File write bytes (N-J)

**Hardware components**
- Serial
  - COM send byte (N-N)
  - COM send sequence (N-N)
  - COM send value (N-N)
  - COM receive byte (N-N)
  - COM receive value (N-N)
  - COM RST/DTR (N-N)
- Port Access
  - Port write (8/16 bit) (N-N)
  - Port read (8/16 bit) (N-N)
  - LPT Port (Y-Y)
  - COM Port (N-J)
  - 8255 Port (N-J)
  - Joystick (J-N)
  - LCD Display (J-J)

**Externe hardware**
- Multimeters
  - Multimeter (COM) (J-N)
  - Multimeter (USB) (J-N)
- Relay Cards
  - Relay Card (COM) (J-J)
  - Relay Card (LPT) (J-J)
- Kolter Specific (N-N)
- BMC Specific (N-N)
- ELV Specific (N-J)
- ModulBus Specific (N-J)
- LabJack Specific (N-N)
- Meilhaus Specific (N-N)
- Phidgets Specific (N-N)
- Voltcraft Specific (N-N)
- MoTech Specific (N-N)
- Sartorius Specific (N-N)
- Dostmann Specific (N-N)
- Fischertechnik Specific (N-N)
- Hygrotec Specific (N-N)
- Conrad Specific (N-N)
- Velleman Specific (N-N)

**Werken met de componenten**

Het zal duidelijk zijn dat er te veel componenten aanwezig zijn om deze een na een te bespreken. Tóch is het nuttig u wat algemene richtlijnen mee te geven over hoe u met deze componenten moet werken. Er zijn twee soorten componenten: zonder en mét "Properties". Componenten zonder Properties zijn bijvoorbeeld LED's en lampjes, die u gewoon naar het tekenvel sleept en die hun werk doen. Een heleboel componenten hebben echter wél Properties. U opent deze properties door eerst met de linker muisknop het component te selecteren en nadien er met de rechter muisknop op te klikken. In het pop-up venster klikt u op de optie "Properties", zie figuur 3/8.9.27-13. Afhankelijk van het soort onderdeel verschijnt dan een eenvoudig of ingewikkeld scherm, waarin u alle door u gewenste specificaties van het onderdeel kunt invullen.




**Figuur 3/8.9.27-13:** Het pop-up menu dat verschijnt als u met de rechter muisknop op een component klikt.

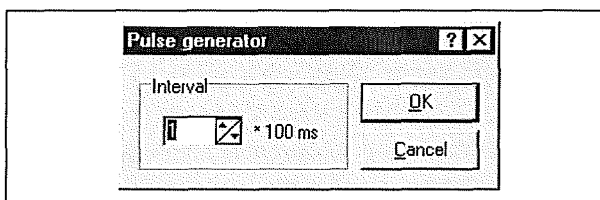
In het voorbeeld van figuur 3/8.9.27-13 hebben wij een pulsgenerator G1 op het

tekenvel gezet. U ziet dat u met de rechter muisknop toegang krijgt tot een aantal opties:

- Help, de specifieke helppagina over dit onderdeel;
- Cut, het component verwijderen en opslaan in het klembord van Windows;
- Copy, het onderdeel kopiëren;
- Paste, het onderdeel dat in het klembord zit toevoegen;
- Duplicate, het onderdeel elders opnemen;
- Delete, het onderdeel verwijderen zonder opname in het klembord;
- To front, het onderdeel boven alle andere onderdelen plaatsen;
- To back, het onderdeel onder alle andere componenten plaatsen;
- Rotate, het onderdeel draaien;
- Properties, de eigenschappen van het onderdeel aanpassen.

## De Properties van componenten

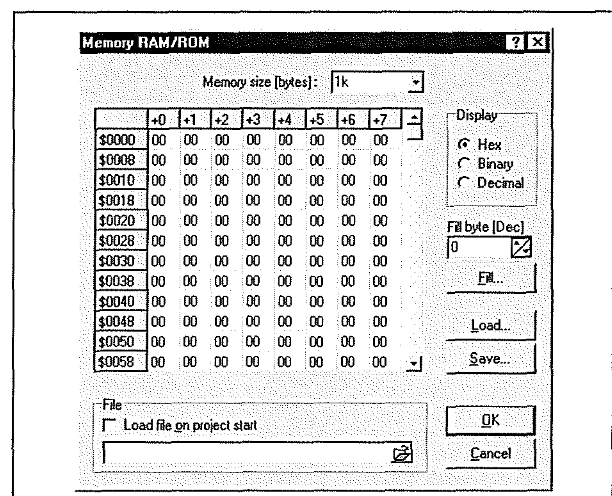
Zoals we reeds schreven, kunt u na het openen van het "Properties"-venster van alles verwachten. In het geval van de pulsgenerator is dit scherm vrij eenvoudig, zie figuur 3/8.9.27-14.




**Figuur 3/8.9.27-14:** Het configureren van de Pulse generator.

U kunt alleen de periode van de uitgangspulsen instellen in een veelvoud van 100 ms. Het bereik loopt van 100 ms tot 1.000 s, zodat deze pulsgenerator alleen bruikbaar is voor het genereren van pulsen met een zeer lage frequentie.

Er zijn natuurlijk componenten die u heel wat meer kopzorgen bezorgen. Een typisch voorbeeld is bijvoorbeeld de ROM, een read-only geheugen met een maximale capaciteit van 64 kB. Als u dit onderdeel op het tekenvel zet is het geheugen uiteraard leeg en via het "Properties"-venster van figuur 3/8.9.27-15 moet u het geheugen vullen. Dat kunt u met de hand doen door in de adrestabel hexadecimale, binaire of decimale waarden in te vullen per beschikbaar adres. U kunt echter ook de inhoud vanuit een bestand laden. Heeft u alle adressen met de noodzakelijke gegevens gevuld, dan kunt u de geprogrammeerde ROM saven, zodat u dit onderdeel later weer opnieuw kunt oproepen en de inhoud via uw harde schijf kunt inladen.
Het zal duidelijk zijn dat u hiermee een tijdje zoet bent.

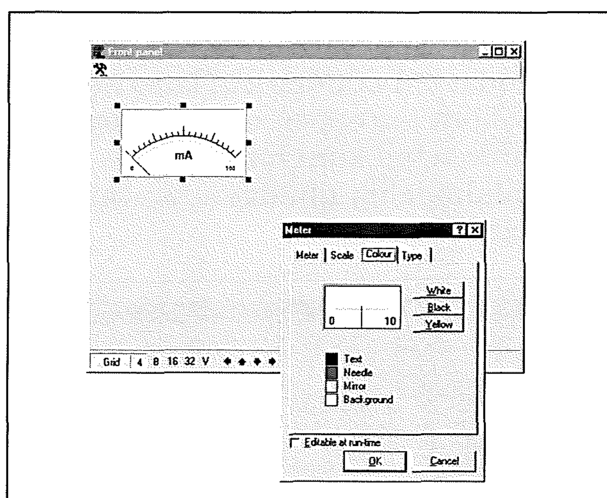



**Figuur 3/8.9.27-15:** Het "Properties"-venster van de ROM is heel wat bewerkelijker.

## Eigenschappen instellen via het frontpaneel

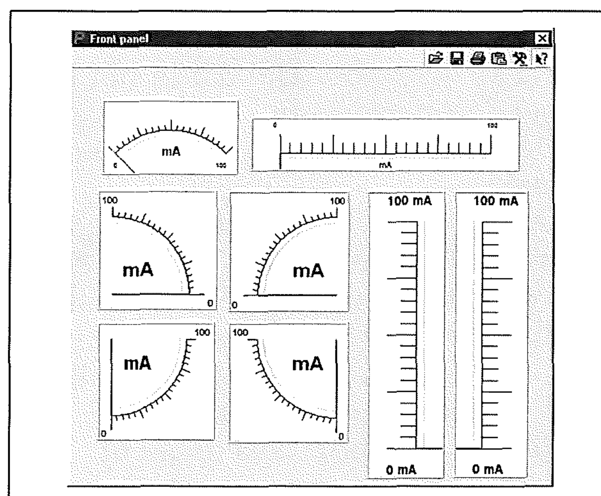
Van sommige onderdelen moet u de eigenschappen instellen via hun representatie op het frontpaneel. Laten wij als

voorbeeld de ordinaire analoge meter behandelen. Als u dit onderdeel naar uw werkvlak sleept merkt u dat u geen properties kunt definiëren. Vreemd, want u verwacht toch minstens dat u een meetbereik kunt instellen. Geen paniek, open het frontpaneel van uw project (Menu "Front panel", optie "Show"). Klik op de mooie meterschaal met de linker muisknop en dan met de rechter. U ziet nu weer de optie "Properties". Hierop klikken opent het instellingenvenster met niet minder dan vier tabbladen, zie figuur 3/8.9.27-16.




**Figuur 3/8.9.27-16:** Zelfs zo'n eenvoudig onderdeel als een analoge meter kunt u tot in alle details configureren.

Via de tab "Meter" kunt u kiezen voor lineaire of logaritmische schaal, kunt u de eenheid invullen en een minimale en maximale waarde voor de schaal. Via de tab "Scale" kunt u de schaal van het meetinstrument indelen, dus het aantal maatlijntjes dat het programma op de schaal zet. Via de tab "Colour" kunt u alle onderdelen van de meter een eigen kleur geven. Via de tab "Type" kunt u het soort meter kiezen. U kunt niet minder dan acht typen selecteren, figuur 3/8.9.27-17 geeft u een idee hoe ver de programmeurs van ProfiLab hierin gaan. Kortom, ieder metertype dat u de catalogus van een goed voorziene elektronicashop kunt aantreffen, kunt u simuleren met de ProfiLab's.




**Figuur 3/8.9.27-17:** De acht typen analoge meter die u kunt configureren.

## Voorbeelden van onderdelen

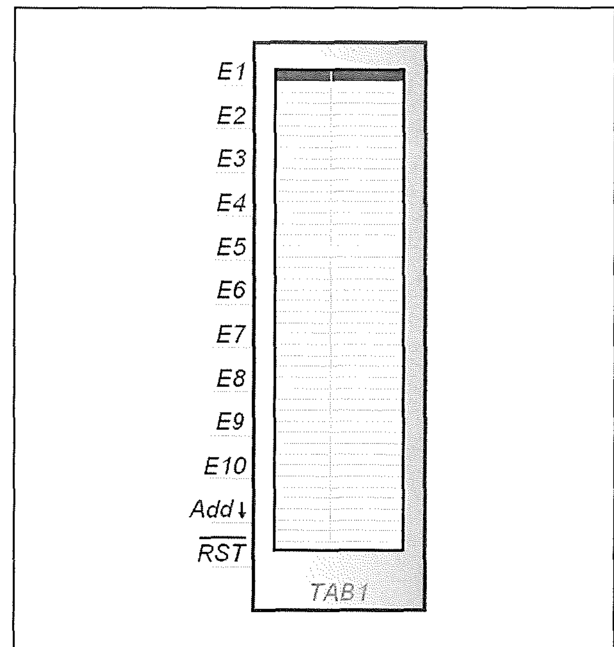
Wij hebben het reeds geschreven, het is absoluut onmogelijk alle componenten uitgebreid te behandelen. Gelukkig kunt u bij ieder component via het reeds beschreven pop-up venster uitgebreide help opvragen. Tóch gaan wij in de volgende paragraafjes een aantal componenten de revue laten passeren. Simpelweg, omdat deze zo uniek zijn dat wij ons enthousiasme met u willen delen. Bovendien is dat een goede gelegenheid om reeds nu kleine blokschemaatjes met deze componenten op te bouwen, zodat u het werken met de ProfiLab's al experimenterend in de vingers krijgt.

## Snelcursus projecten maken

Vandaar even wat snelle richtlijnen over het werken met het programma. Een

blokschema heet een "Project". Via het menu "File" en de optie "New" start u een nieuw project. U kiest de componenten in de linker lijst, klikt met de linker muisknop op een noodzakelijk component en sleept het naar het tekenvel. Staat het onderdeel op de gewenste plaats, dan klikt u weer met de linker muisknop. Nadien gaat u het blokschema bedraden met het werktuig "Connect" dat u aantreft in de gereedschapsbalk tussen beide vensters. Zijn alle verbindingen aangebracht, dan kunt u het frontpaneel openen (Menu "Front panel", optie "Show"). U kunt hier met de linker muisknop de diverse onderdelen op de frontplaat naar de gewenste plaats slepen.
Is uw project klaar? Klik dan op de groene pijl "Start" en het project wordt gestart. Dat wil zeggen dat ProfiLab de door u ingevoerde ingangsgrootheden op de componenten loslaat en de uitgangsgrootheden berekent.
Potentiometers en drukknoppen kunt u op het frontpaneel bedienen door er met de linker muisknop op te klikken en nadien de muis te verplaatsen.
Wilt u het project stoppen, dan klikt u op de rode pijl "Stop" en kunt u verder werken aan uw project.

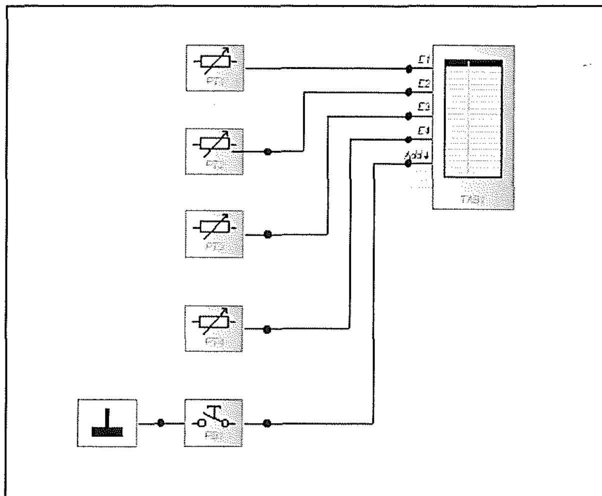
**Display - Table**
In een "Table", zie figuur 3/8.9.27-18, kunt u analoge meetwaarden bewaren die worden aangeleverd aan maximaal tien ingangen E1 tot en met E10. De gegevens worden in de tabel opgeslagen op een dalende flank op de ingang Add. Een "L" op de $\overline{\text{RST}}$ wist de inhoud van de tabel.
Aan de hand van figuur 3/8.9.27-19 kunt u met dit onderdeel experimenteren. Voor de eenvoud hebben wij aan de Table slechts vier ingangen gegeven. Deze vier ingangen verbindt u met vier analoge potentiometers PT1 tot en met PT4. De Add koppelt u, via een drukknop, aan de massa.



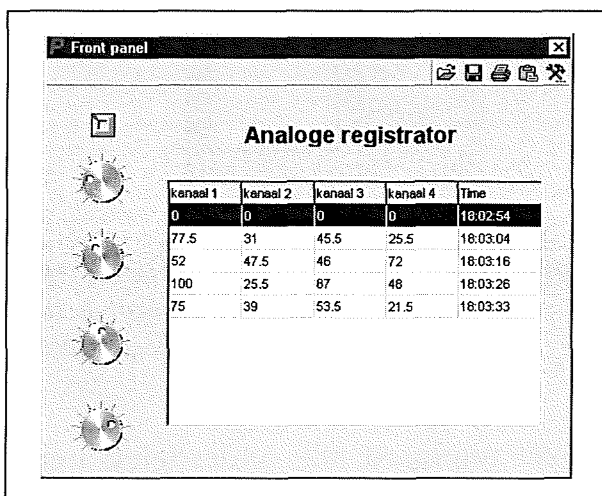

**Figuur 3/8.9.27-18:** Met dit onderdeel, "Table" genoemd, bewaart u maximaal tien analoge spanningen.

U zet uiteraard alle onderdelen netjes op de frontplaat, zie figuur 3/8.9.27-20. Na een druk op de knop "Start" (F9) wordt de frontplaat actief. De tabel is nu nog leeg en alle potentiometers staan op nul. Klik nu even op de drukknop, de vier nulwaarden worden in de tabel ingelezen. Logisch, want door het drukken op de knop maakt u de Add-ingang "L". Verdraai nu de potentiometers en druk weer op de knop. De vier nieuwe waarden van de potentiometers worden in de tweede rij van de tabel ingelezen. Op deze manier kunt u, steeds bij een dalende flank op Add, nieuwe waarden in de tabel inlezen.

**8.9 Software voor de ontwerper**



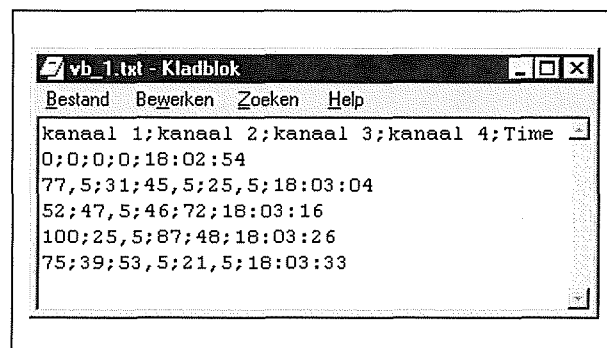
**Figuur 3/8.9.27-19:** Aan de hand van dit voorbeeld kunt u experimenteren met het component "Table".




| kanaal 1 | kanaal 2 | kanaal 3 | kanaal 4 | Time |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 18:02:54 |
| 77.5 | 31 | 45.5 | 25.5 | 18:03:04 |
| 52 | 47.5 | 46 | 72 | 18:03:16 |
| 100 | 25.5 | 87 | 48 | 18:03:26 |
| 75 | 39 | 53.5 | 21.5 | 18:03:33 |

**Figuur 3/8.9.27-20:** Het frontplaatje van het experiment van figuur 3/8.9.27-19. Na iedere druk op de knop worden de waarden van de vier potentiometers in de tabel ingelezen.

Klik nu met de rechter muisknop in de tabel. Via de enige optie "Export" kunt u de gegevens die de tabel heeft verzameld als tekstbestand op uw harde schijf bewaren. Zoals uit figuur 3/8.9.27-21 blijkt, zijn de gegevens keurig door middel van punt-komma's van elkaar gescheiden, zodat u het bestand zonder problemen in bijvoorbeeld Excell kunt inlezen voor verdere bewerking.

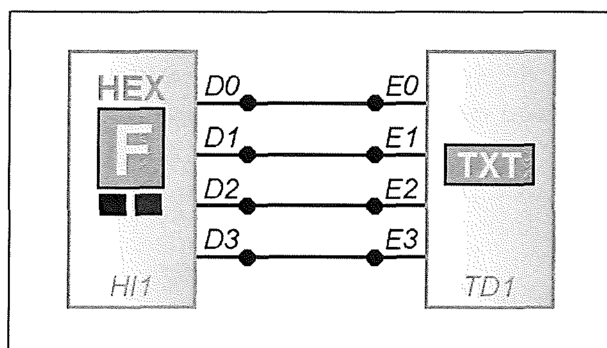



```
kanaal 1;kanaal 2;kanaal 3;kanaal 4;Time
0;0;0;0;18:02:54
77,5;31;45,5;25,5;18:03:04
52;47,5;46;72;18:03:16
100;25,5;87;48;18:03:26
75;39;53,5;21,5;18:03:33
```

**Figuur 3/8.9.27-21:** De meetresultaten van uw tabel worden desgewenst als TXT-bestand opgeslagen, waarbij de velden keurig door punt-komma's van elkaar gescheiden zijn.

## HEX Selector en Text display

Deze in figuur 3/8.9.27-22 voorgestelde componenten kunt u gemakkelijk in één experiment combineren.

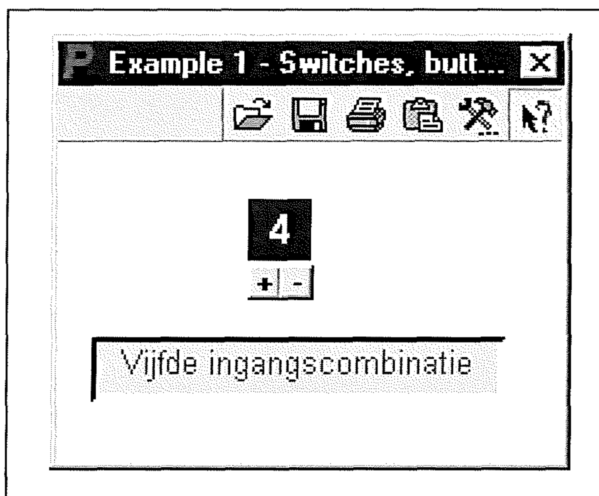



**Figuur 3/8.9.27-22:** Met deze combinatie van een HEX selector en een Text Display kunt u zestien teksten op het frontpaneel zetten.

Met de HEX Selector HI kunt u een hexadecimale waarde (0 tot en met F) met twee drukknopjes selecteren. Deze verschijnt in binaire code op de vier uit-

**8.9 Software voor de ontwerper**

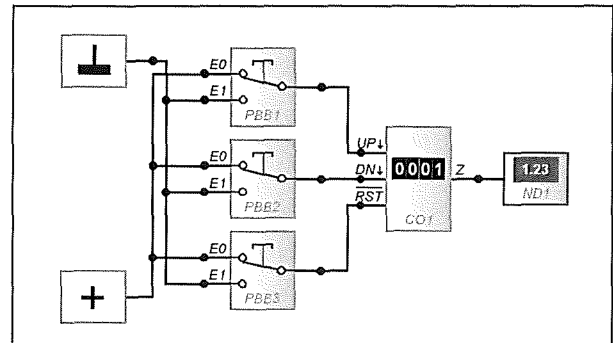
gangen D0 tot en met D3. Met het Text Display TD kunt u maximaal zestien teksten zichtbaar maken. U voert deze teksten in via het "Proporties"-venster. De tekst die op het frontpaneel verschijnt wordt bepaald door de binaire code op de vier ingangen E0 tot en met E3. In figuur 3/8.9.27-23 is het frontplaatje getekend dat u bij dit experiment ter beschikking krijgt. U ziet de twee drukknopjes "+" en "-", waarmee u de HEX Selector kunt bedienen en het tekstvenstertje van het Text Display.




**Figuur 3/8.9.27-23:** Het frontplaatje van het experiment van figuur 3/8.9.27-22.

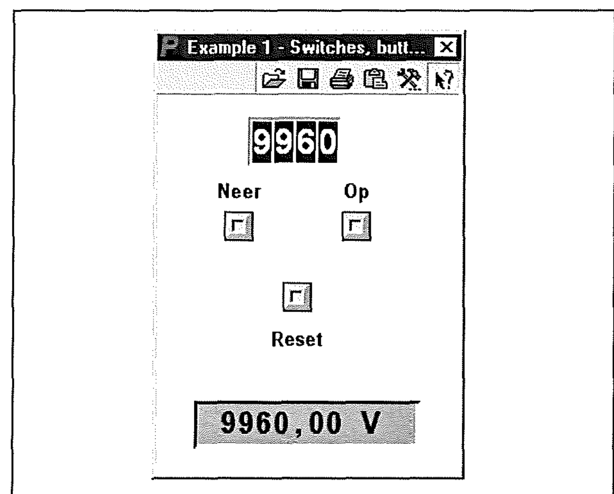
## Counter en Numeric Display

Deze twee componenten zijn voorgesteld in figuur 3/8.9.27-24. Met de Counter kunt u pulsen tellen van "0000" tot en met "9999". De Counter wordt bestuurd door dalende flanken op de twee ingangen UP en DN, een dalende flank op RST reset de tellerinhoud naar "0000". De Counter heeft een analoge uitgangspen Z, waarop de tellerinhoud als analoge grootheid verschijnt. Staat de teller op "0245", dan staat er op Z een waarde van 245.




**Figuur 3/8.9.27-24:** Met de combinatie van een Counter en een Numeric Display kunt u via drukknoppen heel nauwkeurige analoge waarden invoeren.

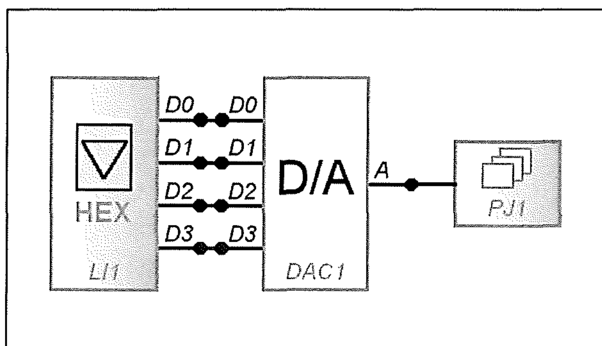
Het Numeric Display ND is in feite een digitale meter, die de waarde van de ingangsgrootheid onder de vorm van een getal weergeeft in een display. U kunt het aantal digits instellen tussen 2 en 12, een grootheid (V, A, Ω, etc.) invoeren en bovendien bestaat de mogelijkheid van Auto-ranging. In dat laatste geval zal de meter automatisch de voorvoegsels pico (p) tot en met Terra (T) voor de grootheid zetten. In figuur 3/8.9.27-25 ziet u het frontplaatje van dit experiment.




**Figuur 3/8.9.27-25:** Het frontplaatje van het experiment van figuur 3/8.9.27-24.

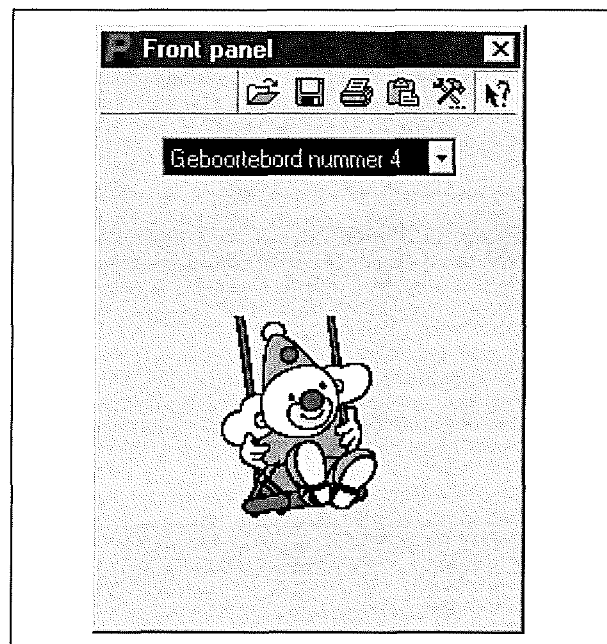
## HEX Selection, D/A-converter, Slide Projector

In het project van figuur 3/8.9.27-26 maakt u kennis met drie nieuwe componenten. Met de HEX Selection LI kunt u zestien teksten D0 tot en met D15 definieren. Op het frontpaneel kunt u een van die teksten selecteren. Het gevolg is dat op de vier uitgangen D0 tot en met D3 de binaire code verschijnt die u heeft gekoppeld aan de tekst.




**Figuur 3/8.9.27-26:** Met dit project kunt u afbeeldingen koppelen aan teksten die u op de frontplaat selecteert.

Met de D/A-converter DAC kunt u uiteraard een binaire code omzetten in een analoge grootheid. U kunt de resolutie instellen van 2 bit tot en met 16 bit en de minimale en maximale analoge uitgangswaarde specificeren.
Met de Slide Projector PJ kunt u maximaal 16 afbeeldingen op de frontplaat zetten in een soort van diaschermpje. De afbeelding die wordt vertoond is afhankelijk van de waarde van de analoge grootheid aan de ingang. Is deze kleiner dan 1, dan blijft het scherm leeg. Voor een analoge waarde >=1 verschijnt het eerste plaatje, voor een waarde >=2 het tweede plaatje, etc.
In figuur 3/8.9.27-27 is het frontplaatje van dit project voorgesteld. Door op het knopje te klikken verschijnt de lijst met alle teksten die u heeft gedefinieerd, u klikt één tekst aan. De D/A-converter zet de bijbehorende binaire code om in een analoog signaal dat de Slide Projector bestuurt. U ziet het plaatje dat bij de tekst "Geboortebord nummer 4" hoort op het frontplaatje verschijnen.



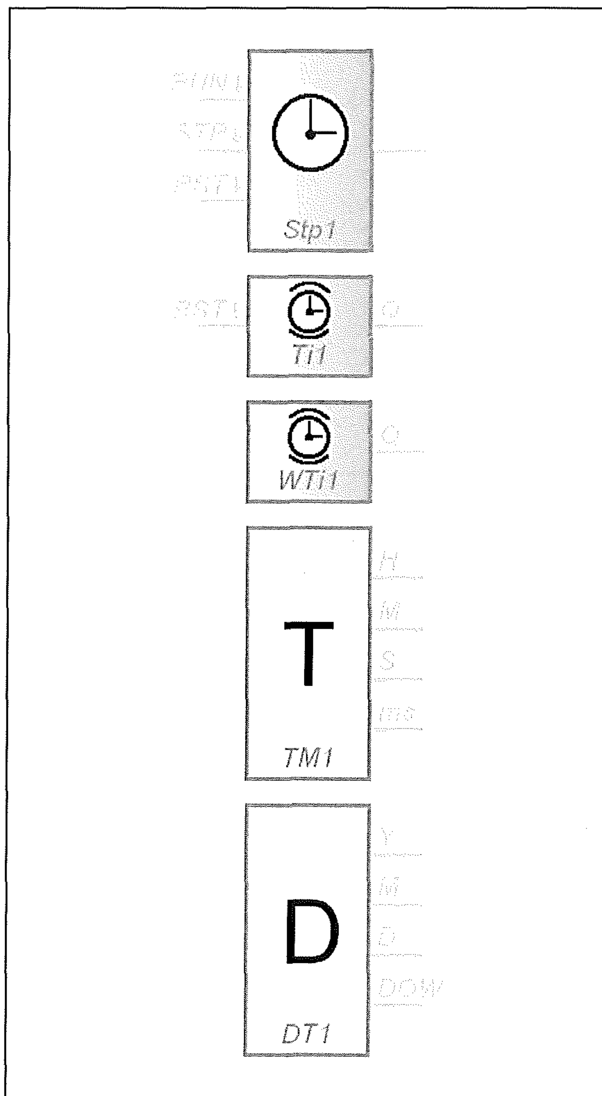

**Figuur 3/8.9.27-27:** Het frontplaatje van het project van figuur 3/8.9.27-26.

## De Clocks

De vijf componenten die u in de onderdelenbibliotheek "Clocks" aantreft zijn overzichtelijk samengevat in figuur 3/8.9.27-28. Deze vijf klokken vervullen al uw wensen op het gebied van tijdregistratie, tijdalarmering en tijdgeneratie.

- Stop Watch:
  Met de Stop Watch Stp kunt u tijden meten met een resolutie van 0,1 s. De tijd wordt weergegeven op het frontplaatje. Een dalende flank op RUN start de timer, een dalende flank op de STP stopt de timer, een dalende flank op RST zet de timer op nul. Het

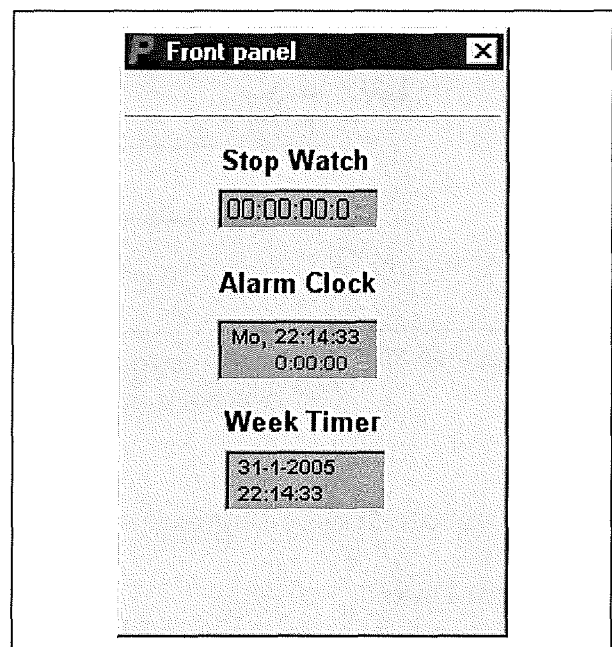
unieke van dit component is dat u op de uitgang een analoge waarde aantreft die gelijk is aan het aantal getelde seconden.




**Figuur 3/8.9.27-28:** De vijf timers uit de Profi-Lab's.

- Alarm Clock:
  Met de Alarm Clock Ti kunt u één alarmtijd instellen, die ofwel dagelijks ofwel op een instelbare dag de Q-uitgang "H" maakt. Deze uitgang blijft "H" tot u een dalende flank op de RST aanlegt.

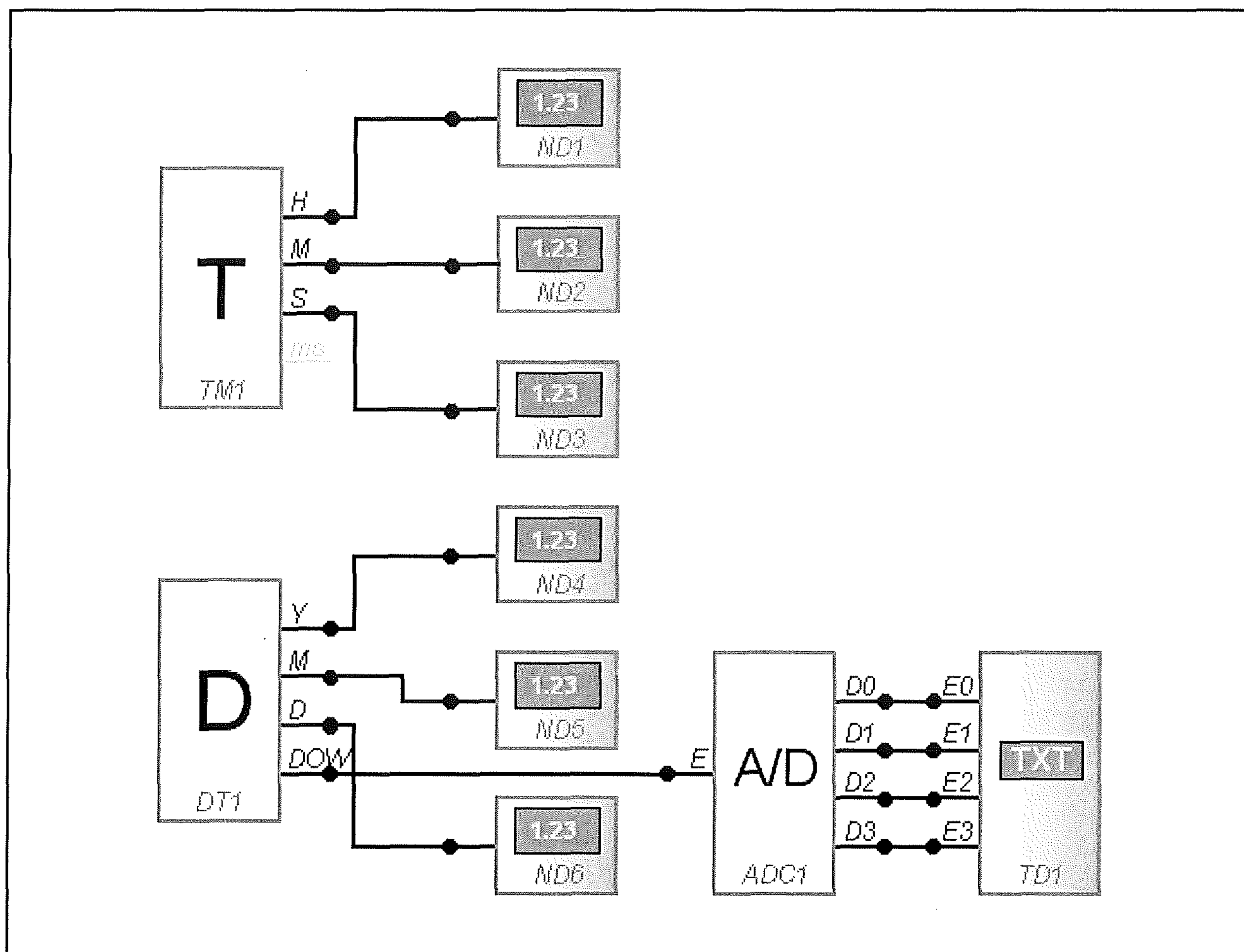
- Week Timer:
  Met deze krachtige timer WTi kunt u de uitgang Q "L" en "H" maken op bepaalde tijdstippen van de week. U kunt deze timer bijvoorbeeld zo programmeren dat de uitgang iedere avond om tien uur "H" wordt en iedere ochtend om acht uur weer laag wordt, behalve tijdens het weekend, want dan moet de uitgang van vrijdagavond tot maandagochtend "H" blijven. Met een aantal van deze timers en een relaiskaart kunt u dus een huisautomatiseringssysteem samenstellen, waarmee u acht lichtpunten automatisch bestuurt.




**Figuur 3/8.9.27-29:** De presentatie op de frontplaat van de Stop Watch, de Alarm Clock en de Week Timer.

- System Time:
  Deze timer TM leest de systeemtijd uit de timerchip van uw PC en zet de uren, de minuten, de seconden en de milliseconden onder de vorm van ana-

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.27-30:** Met dit eenvoudig project ontwerp u zélf een kalender die u (althans als u met ProfiLab Expert werkt) kunt compileren en installeren op iedere PC.

loge signalen op de uitgangen H, M, S en ms.

– System Date:
Deze timer DT doet hetzelfde, maar dan met het jaar, de maand, de dag en de dag van de week en dat op de uitgangen Y, M, D en DOW. De uitgang DOW levert een waarde 1 voor zondag, een waarde 2 voor maandag, etc.

**Een leuk project als tussendoortje**

Met de componenten van de "Clocks" en nog wat ander grut kunt u een leuk project maken: een allereigenste kalender die u op al uw PC's kunt installeren en waardoor het net lijkt of u een volleerde Windows-programmeur bent. Tóch is het enige dat u hiervoor nodig heeft de basiskennis van ProfiLab die wij u op dit moment hebben bijgebracht. Het schema van dit project is getekend in figuur 3/8.9.27-30. U ziet links de System Time TM1 en de System Date DT1. De analoge uitgangen worden verbonden met zes Numeric Display's ND1 tot en met ND6. Het aantal digits stelt u in op vier voor ND4 (de jaarteller) en op twee voor de overige. Bij "Units" in het "Proper-

ties"-venster vult u respectievelijk de eenheden JAAR, MAAND, DAG, UUR, MINUTEN en SECONDEN in.
Vervolgens wilt u natuurlijk ook de dag van de week weten. Welnu, dat is heel simpel. U sluit de uitgang DOW van DT1 aan op een vier bit brede A/D-converter ADC1. U stelt de minimale en maximale uitgangswaarden in op 1 en 15. De vier uitgangen van ADC1 sluit u aan op de vier ingangen van het Text Display TD1. U programmeert dit zo:

- Adr. 0 = ZONDAG
- Adr. 1 = MAANDAG
- Adr. 2 = DINSDAG
- Adr. 3 = WOENSDAG
- Adr. 4 = DONDERDAG
- Adr. 5 = VRIJDAG
- Adr. 6 = ZATERDAG

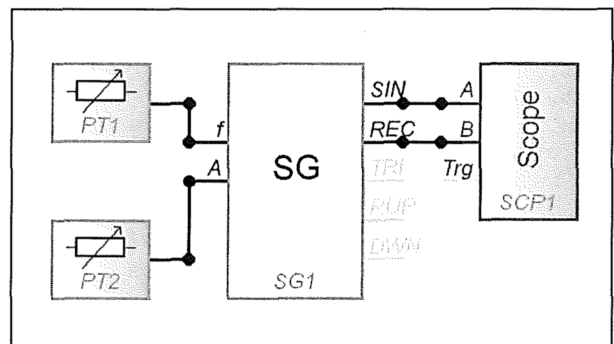
De A/D-converter zet de analoge uitgangsspanning van DOW om in een vier bit brede binaire code, die door TD1 weer wordt omgezet in de door u ingeprogrammeerde dagnamen.
Het resultaat van dit project ziet u in figuur 3/8.9.27-31: een originele kalender die u natuurlijk met wat fantasie nog origineler kunt maken. U zou bijvoorbeeld de Slide Projector kunnen toevoegen om iedere dag een ander plaatje te projecteren.
Compileer het project en u heeft een échte Windows-applicatie die u heeft gemaakt zonder het minste benul van het programmeren van Windows-programma's!

**Signal Generator en 2-Channel-Scope**
Deze twee treft u verenigd aan in figuur 3/8.9.27-32. De Signal Generator SG is een eenvoudige functiegenerator die sinussen, blokspanningen, driehoekspanningen en positieve en negatieve zaagtanden genereert.




**Figuur 3/8.9.27-31:** Het venster van uw eigen Windows-kalender.

De generator kunt u programmeren door middel van twee gelijkspanningen. De spanning op ingang f bepaalt de frequentie, de spanning op ingang A de amplitude van het uitgangssignaal. De minimale frequentie bedraagt 0,001 Hz. Op de vijf uitgangen staan de vijf signaalvormen ter beschikking.

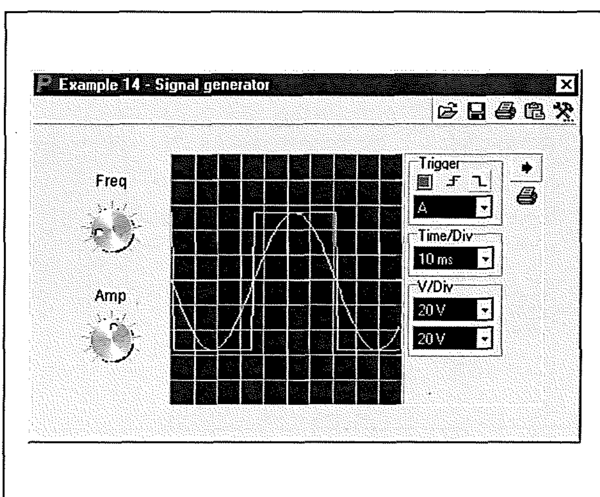



**Figuur 3/8.9.27-32:** De uitgangsspanningen van de Signal Generator kunt u zichtbaar maken op de 2-Channel-Scope.

De 2-Channel-Scope SCP is een al even eenvoudig meetinstrument, waarmee u twee spanningen zichtbaar kunt maken op het frontpaneel. De gevoeligheid van beide kanalen kunt u instellen van 1 µV/div tot en met 100 kV/div, de tijdbasis van 1 ms/div tot en met 10 s/div. De Scope heeft een externe triggeringang met de triggermodi:

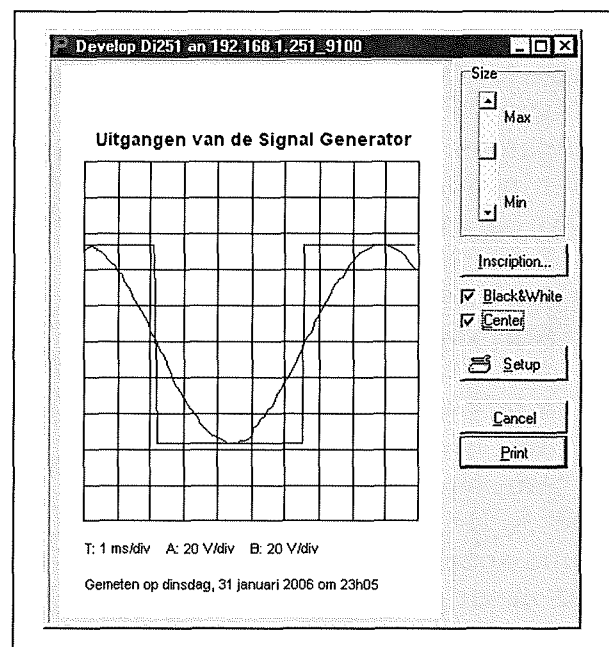
- OF:
  Continue weergave zonder triggering.
- MAN:
  Meting start na het indrukken van de RECORD knop.
- A:
  Triggering op signaal A.
- B:
  Triggering op signaal B.
- TRG:
  Triggert als ingangssignaal groter wordt dan de spanning op de Trg-ingang.

Het frontpaneeltje van dit project is weergegeven in figuur 3/8.9.27-33, u ziet de twee draaipotentiometers waarmee u frequentie en amplitude van de generator kunt instellen en daarnaast de weergave van de oscilloscoop.




**Figuur 3/8.9.27-33:** Het frontplaatje van de oscilloscoop.

Met de knop met het printer-pictogram kunt u een screendump maken van het scherm van de scoop, zie figuur 3/8.9.27-34. U kunt de printout van een titel en commentaar voorzien.




**Figuur 3/8.9.27-34:** Het venstertje waarmee u het scherm van de scope kunt printen.

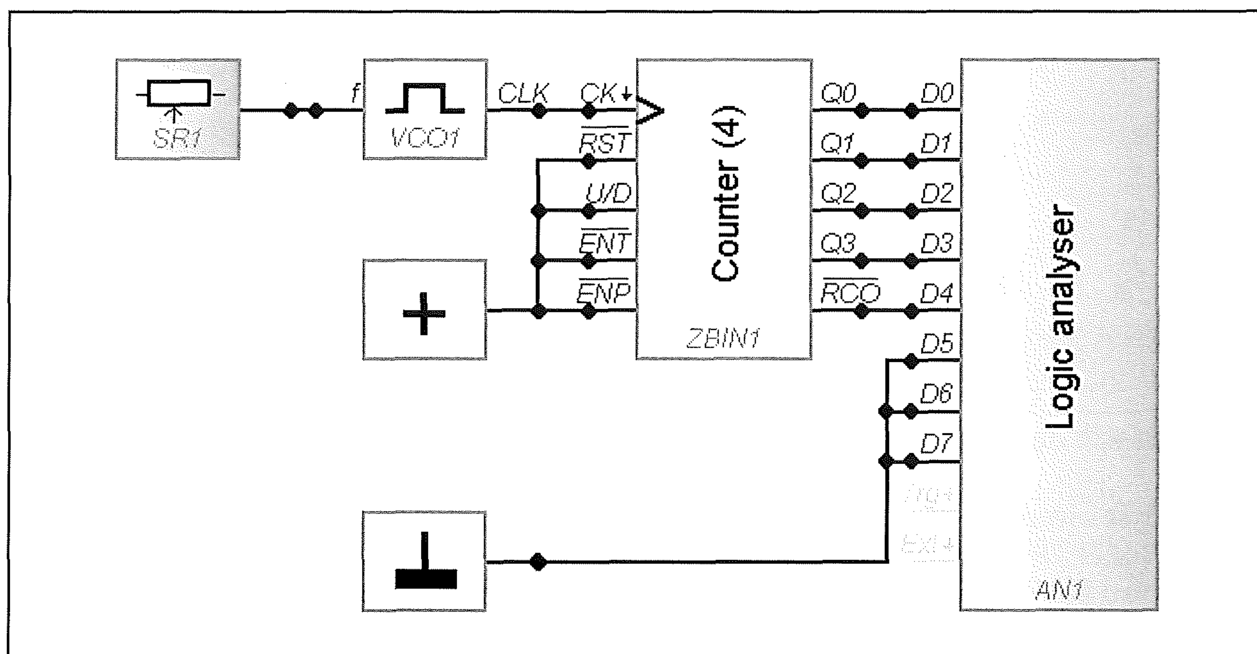
## Pulse, Counter en Logic Analyser

Drie componenten die u leert kennen door het project van figuur 3/8.9.27-35 op te bouwen.

De pulsgenerator Pulse, adjustable (1 Hz ... 1 kHz) VCO1 is een spanningsgestuurde vierkantgolfgenerator waarvan de uitgangsfrequentie wordt bepaald door de analoge grootheid op de ingang f. Er bestaat een lineair verband tussen de grootte van het ingangssignaal en de frequentie. Legt u een analoge waarde van 1.000 aan, dan zal de frequentie 1 kHz bedragen.

De ingang f wordt gestuurd door het component Adjustor Analogue (slider) SR1, een schuifpotentiometer. U kunt in

**8.9 Software voor de ontwerper**

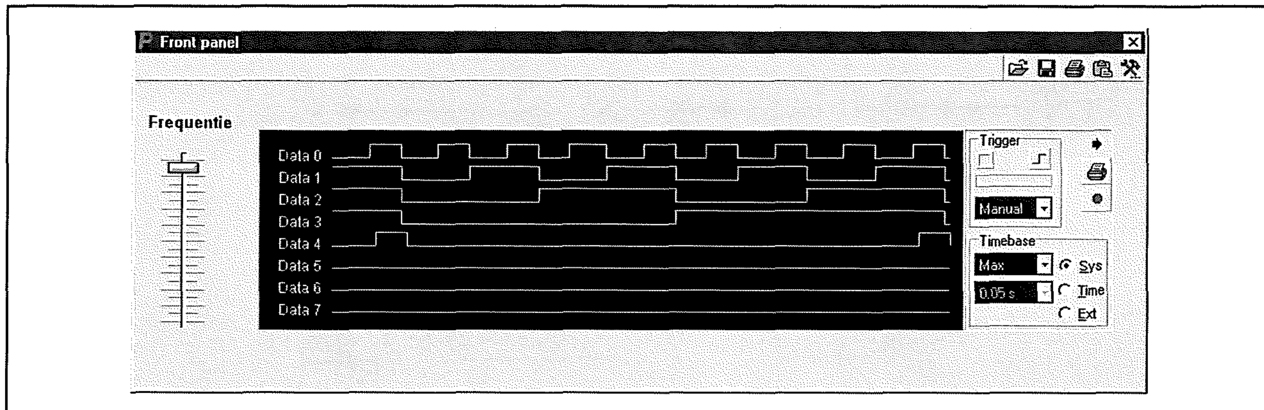



**Figuur 3/8.9.27-35:** Aan de hand van dit project leert u stoeien met puls generatoren, tellers en de logische analysator.

het "Properties"-venstertje de maximale waarde instellen die de potentiometer afgeeft. Hiermee stelt u dus de maximale frequentie van de generator in.
Denk er aan dat u virtueel werkt en dat de waarden die u invoert geen verband hebben met de praktijk van de elektronica. U kunt dus met een gerust hart een maximale waarde van 1.000 invoeren zonder dat er virtuele vonken over uw scherm springen!
De CLK uitgang van de Pulse gaat naar de CK ingang van de Counter. U treft diverse soorten digitale tellers aan, wij hebben de binaire teller gekozen. De Counter telt op de negatieve flank van de ingang. Alle tellers hebben een richtingspen U/D, letters die staan voor Up en Down. De $\overline{\text{RST}}$ is de reset die reageert op "L". De ingangen $\overline{\text{ENT}}$ en $\overline{\text{ENP}}$ worden toegepast als u meerdere tellers in cascade wilt schakelen. Deze vier ingangen kunt u open laten, dan staan zij op "H", maar u kunt ze ook met de positieve voeding verbinden, zoals in het schema van de figuur is gedaan. De vier Q-uitgangen koppelt u aan vier ingangen van de Logic Analyser AN1. De $\overline{\text{RCO}}$ uitgang van de teller wordt verbonden met de $\overline{\text{ENP}}$ ingangen van alle volgende tellers in de keten. De analyser heeft acht digitale ingangskanalen en heeft de volgende triggeropties:

- Man:
  Het registreren start als u op de rode knop op het frontpaneel klikt.
- Loop:
  Continue registratie van de meetgegevens.
- External:
  Het registreren start op een negatieve flank op de ingang Trg.
- Data 0...7:
  Registratie start bij de eerstvolgende dalende flank op de geselecteerde ingang.

**8.9 Software voor de ontwerper**

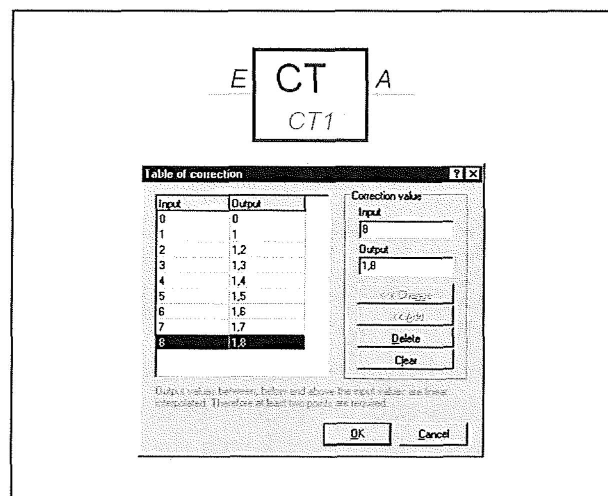



**Figuur 3/8.9.27-36:** Het frontpaneel van de logische analyser.

De analyser werkt met een interne of externe clock. De interne klok kunt u instellen van 0,05 s tot en met 5 s. Het "apparaat" kan 100 samples opslaan, de recording tijd bedraagt met de interne clock dus 5 seconde tot 8,3 minuten. Op de ingang Ext kunt u eventueel een extern clocksignaal aansluiten. Als u het project runt kunt u op de acht traces klikken en iedere trace desgewenst een andere kleur geven. Op dezelfde manier kunt u de labels naast de traces een eigen naam geven. U kunt de resultaten uitprinten door op de "Print"-knop te klikken, er verschijnt dan een venster dat analoog is aan dat van de oscilloscoop, zie figuur 3/8.9.27-34.
In figuur 3/8.9.27-36 ziet u het frontpaneeltje van dit project met links de schuifpotentiometer voor het instellen van de frequentie en rechts het scherm van de logische analyser. Door de afmetingen van het venster met de linker muisknop te verplaatsen kunt u het display van de analyser zo breed maken als u wenst.

## Correction Table

Dit analoge component, voorgesteld in figuur 3/8.9.27-37, biedt u de mogelijkheid een niet-lineair verband aan te brengen tussen een analoge ingang en een analoge uitgang.



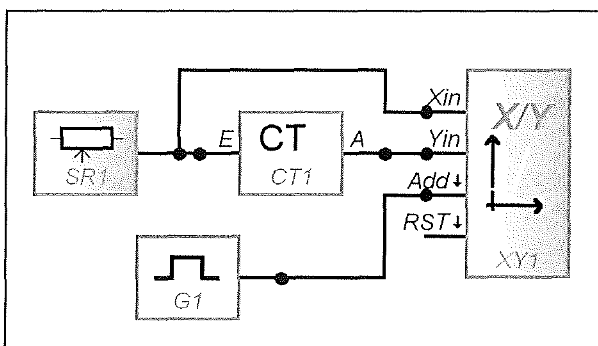

**Figuur 3/8.9.27-37:** Met de Correction Table kunt u een willekeurig verband aanbrengen tussen de in- en de uitgangsgrootheid.

In de "Table of Correction" kunt u een aantal ingangswaarden invoeren en de uitgangswaarden die daarmee overeen moeten komen. U kunt op deze manier een begrenzer samenstellen met een curve die voldoet aan uw eigen wensen. In de meeste gevallen zal bij een run de ingangsgrootheid natuurlijk niet gelijk zijn aan een van de waarden die u heeft ingevoerd. De software gaat dan interpo-

leren, net zoals een elektronische schakeling dat in de praktijk zou doen.

**X(t)- en XY-Plotters**

Onze experimenten met de Correction Table zijn een ideale inleiding om u kennis te laten maken met twee krachtige meetinstrumenten van de ProfiLab's: de twee plotters. De X(t)-Plotter plot een analoge grootheid X in functie van de tijd. De XY-Plotter plot een analoge grootheid X in functie van een andere analoge grootheid Y. Deze laatste plotter is ideaal om de door u van gegevens voorziene Correction Table op werking te controleren. Het schema is getekend in figuur 3/8.9.27-38. U ziet de geprogrammeerde Correction Table CT1, die wordt gestuurd door een Adjustor Analoge (slider) SR1, een schuifpotentiometer. Stel via het "Properties"-venster de maximale waarde in op 10. De uitgang van CT1 stuurt de Yin van de plotter, de uitgang van SR1 stuurt de Xin.



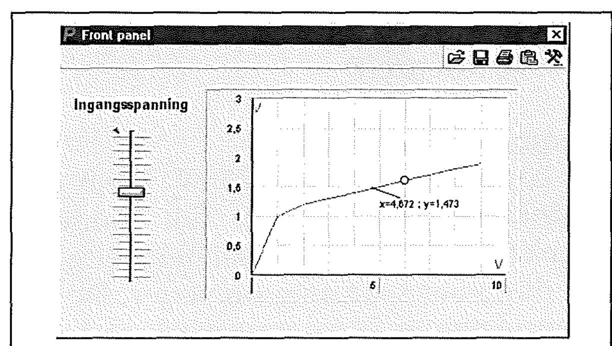

**Figuur 3/8.9.27-38:** U kunt de werking van uw geprogrammeerde Correction Table controleren met behulp van de XY-Plotter.

De XY-Plotter werkt niet zelfstandig, hij wordt aangestuurd op de negatieve flanken van Add. Bij iedere flank zal de plotter een punt $Y_t = f(X_t)$ plotten. Vandaar dat u de Add ingang moet sturen uit een generator G1, in dit geval de Pulse Generator (1 Hz ... 1 kHz). U stelt via het "Properties"-venster de frequentie in op 10 Hz. De RST is laag actief en reset de plotter, dat wil zeggen dat alle meetgegevens worden gewist. Stel de gevoeligheid van de plotter in op:

- Y-Range: 0 V tot 3 V;
- X-Range: 0 V tot 10 V.

Als u het project opstart ziet u in het frontpaneeltje van figuur 3/8.9.27-39 nog niets. De schuifpotentiometer staat in de onderste stand en zowel de X- als de Y-spanning is 0 V. Op het scherm van de plotter ziet u bijgevolg een geel puntje in de oorsprong van het assenstelsel. Verschuif nu de potentiometer naar boven. U ziet dat de gele punt zich verplaatst en het verband tussen in - en uitgangsspanning van de Correction Table keurig in een grafiek vastlegt. Door met de linker muisknop dubbel te klikken op een punt van de grafiek krijgt u de exacte waarden van X en Y in beeld. Met de rechter muisknop roept u een pop-up venster op waarmee u:

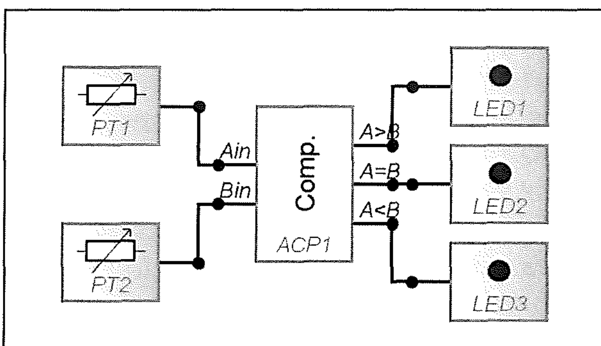
- de plotter kunt resetten;
- de schaalijkingen kunt veranderen;
- de plot kunt afdrukken;
- de plot naar het klembord van Windows kunt kopiëren.




**Figuur 3/8.9.27-39:** Uit deze plot blijkt de goede werking van uw geprogrammeerde Correction Table.

## Comparator (analogue)

De analoge comparator ACP is een heel handig component dat u vaak in allerlei analoge regelschakelingen kunt gebruiken. Deze comparator vergelijkt de analoge waarde op de twee ingangen A en B. De schakeling heeft drie uitgangen, namelijk A>B, A=B en A<B. Afhankelijk van de ingangscondities wordt een van deze uitgangen "H". De werking van dit component kunt u testen aan de hand van het blokschema van figuur 3/8.9.27-40. U ziet twee potentiometers PT1 en PT2 die de twee analoge ingangen simuleren. De drie uitgangen zijn aangesloten op LED's LED1, LED2 en LED3.

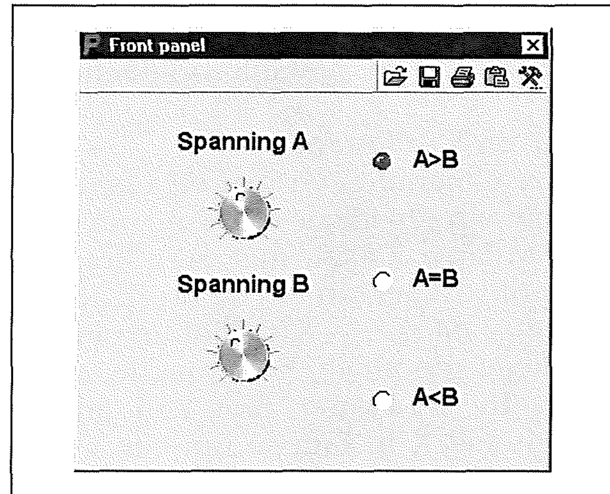



**Figuur 3/8.9.27-40:** Met dit eenvoudig blokschema test u de werking van de Comparator (analogue).

Het frontpaneeltje van dit experiment is geschetst in figuur 3/8.9.27-41. Toelichting zal wel niet nodig zijn, het systeem verklaart zichzelf!

## Frequency Counter

Dit component met code FC heeft een misleidende naam. Het telt namelijk geen frequenties, maar is in feite een frequentie naar spanning omzetter. De frequentie aan de ingang wordt 1 op 1 omgezet in een analoge grootheid. Een frequentie van 13 Hz aan de ingang levert dus een uitgangsgrootheid op van 13.




**Figuur 3/8.9.27-41:** De frontplaat van het schema van figuur 3/8.9.27-40.

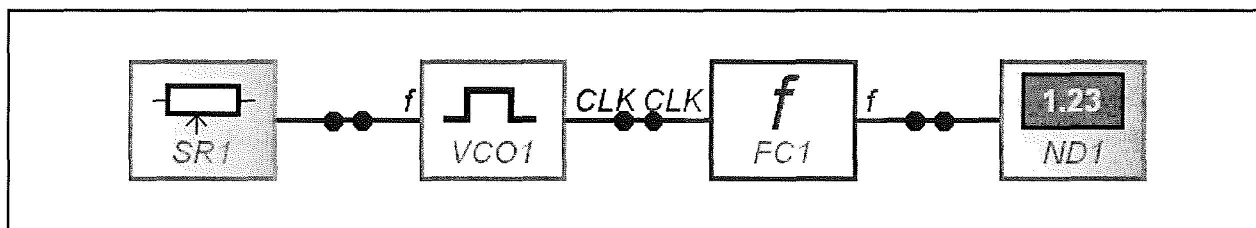
Natuurlijk kunt u er op een eenvoudige manier een échte frequentiemeter van maken. Het schema is getekend in figuur 3/8.9.27-42. De ingang CLK van FC1 wordt, op de u nu reeds bekende manier, gestuurd uit de spanningsgestuurde Pulse VCO1. De uitgang van de counter FC1 gaat naar de ingang van het Numeric Display ND1. Dit component zet de ingangsgrootheid om in een decimale waarde, die op de frontplaat verschijnt.
Het frontplaatje van dit experiment is voorgesteld in figuur 3/8.9.27-43. Voor de afwisseling hebben wij de schaal van de schuifpotentiometer SR1 horizontaal ingesteld.

## Sound Module

In eerste instantie lijkt de Sound Module SND, waarmee u WAV-bestanden kunt afspelen, een onbenullig speeltje in het ProfiLab gebeuren. Als u even doordenkt, ontdekt u echter de onvoorstelbaar krachtige mogelijkheden van dit component. U kunt er namelijk besturingssystemen mee maken, die met u communiceren door middel van gespro-

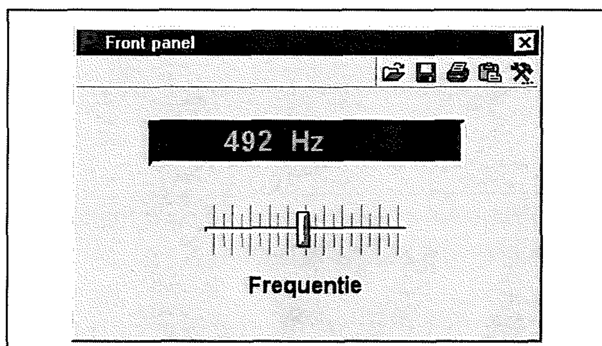
*(wordt vervolgd)*

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.27-42:** Rond de Frequency Counter FC kunt u snel een échte frequentiemeter opbouwen.

ken commentaar! Dergelijke hypermoderne systemen ontwerpt u dus met een programmaatje van nog geen € 100,00!




**Figuur 3/8.9.27-43:** Het frontplaatje van de frequentiemeter van figuur 3/8.9.27-42.

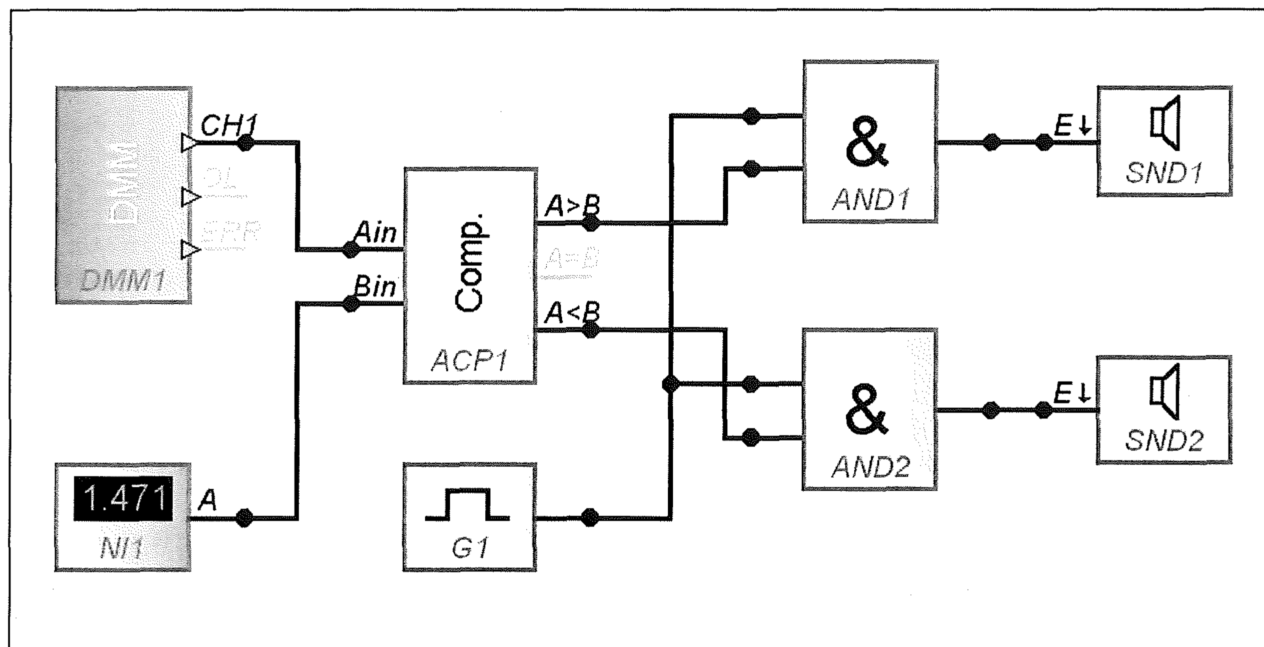
Laten we even een praktisch voorbeeld behandelen. Stel dat u voor een klant honderd printjes heeft gemaakt die u een na een moet afregelen. Het is de bedoeling dat u een tienslagen instelpotentiometer moet afregelen tot de spanning op een bepaald punt gelijk is aan 3,24 V. U kunt natuurlijk een digitale meter op dat punt aansluiten en de meter in de gaten houden terwijl u afregelt. Maar u weet hoe dat gaat: als u uw ogen focust op de meter schiet het afregelschroevendraaiertje steeds weer uit de gleuf van de potentiometer.

Laten wij nu eens met ProfiLab een systeem ontwerpen dat u met de gesproken commando's "te laag" en "te hoog" begeleidt bij deze afregelklus. U moet even wat voorbereidend werk doen. Sluit een microfoon aan op de microfooningang van uw geluidskaart en spreek deze teksten in. Bewaar ze als WAV-bestand. Sluit vervolgens een digitale universeelmeter met PC-interface aan op uw computer (zie later). Bouw binnen ProfiLab het schema van figuur 3/8.9.27-44 op.

Hart van de schakeling is de reeds bekende Comparator (analogue) ACP1. Op een van de ingangen van deze comparator wordt de Digital Multimeter DMM1 aangesloten (zie later). Op de tweede ingang zet u een nieuw component, namelijk een Numerical Input NI1. Dit is in feite niets meer dan een grootheidbron, waarmee u de waarde van de grootheid heel nauwkeurig via uw toetsenbord kunt invoeren. De uitgangen A>B en A<B van ACP1 gaan via AND-poorten AND1 en AND2 naar de Sound Modules SND1 en SND2. De tweede ingang van de poorten gaan naar de Pulse (1 Hz tot 1 kHz) G1. Stel deze in op een frequentie van 2 Hz. Via de "Properties"-vensters van SND1 en SND2 koppelt u deze modules aan uw twee WAV-bestanden.

Draai het project en voer voor NI1 via het toetsenbord een numerieke waarde van 3,24 in. De DMM1 zal namelijk een numerieke waarde van 3,24 leveren aan ProfiLab als hij een spanning van 3,24 V meet. Sluit uw "echte" universeelmeter aan op het testpunt. U hoort nu snel achter elkaar de woorden "te laag - te laag - te laag" of "te hoog - te hoog - te hoog".

**8.9 Software voor de ontwerper**

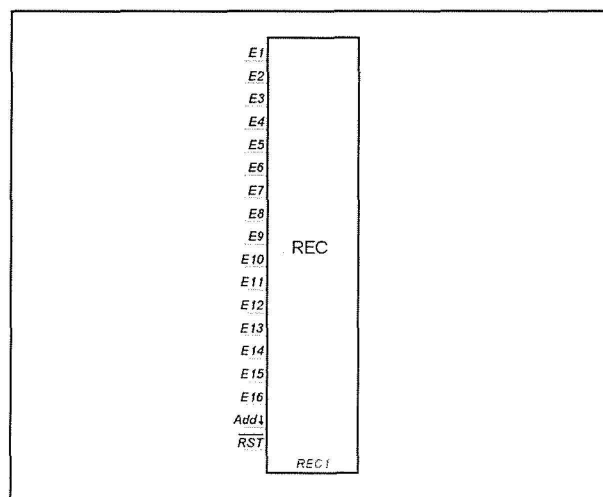



**Figuur 3/8.9.27-44:** Met dit schema kunt u een systeem ontwerpen dat u met de gesproken commando's "te laag" en "te hoog" helpt bij het snel afregelen van identieke printen.

U kunt nu uw tienslagen instelpotentiometer afregelen tot het systeem van de ene naar de andere melding omschakelt. De werking is heel eenvoudig. Als de uitgangen A>B of A<B "H" worden zal de SND die met deze uitgang verbonden is met een frequentie van 2 Hz gaan pulsen. Bij iedere negatieve sprong zal de Sound Module uw tekst "uitspreken".

**Data Recorder**

Met de in figuur 3/8.9.27-45 voorgestelde Data Recorder REC schrijft u een tot zestien analoge signalen rechtstreeks naar een TXT-bestand op uw harde schijf. Een record wordt uitgevoerd op de negatieve flank van de ingang Add. Iedere regel van het TXT-bestand bevat alle gegevens onder numerieke vorm, gescheiden door punt-komma's. U kunt het bestand dus zonder meer in bijvoorbeeld Excell inlezen. Desgewenst kunt u aan iedere regel de tijd en de datum van de meting toevoegen. Het opbouwen van een nieuw bestand start bij een negatief signaal op $\overline{\text{RST}}$.



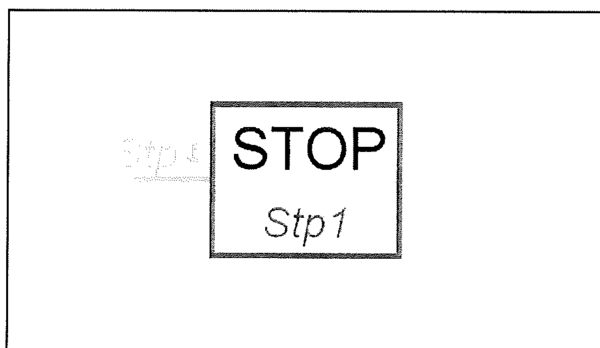

**Figuur 3/8.9.27-45:** Met deze Data Recorder REC kunt u maximaal 16 analoge signalen rechtstreeks naar een bestand op uw harde schijf schrijven.

Zolang dit signaal "L" blijft worden er echter geen metingen geregistreerd. Dat

gebeurt alleen op de negatieve flank van Add en als $\overline{RST}$ "H" wordt. Iedere keer als $\overline{RST}$ naar "L" wordt gestuurd zal het systeem een nieuw bestand aanmaken. De namen van de bestanden worden automatisch doorgenummerd, tenzij u de optie "Overwrite File" aanvinkt. Dan wordt steeds hetzelfde bestand gebruikt en wordt het oude uiteraard overschreven.

## Stop

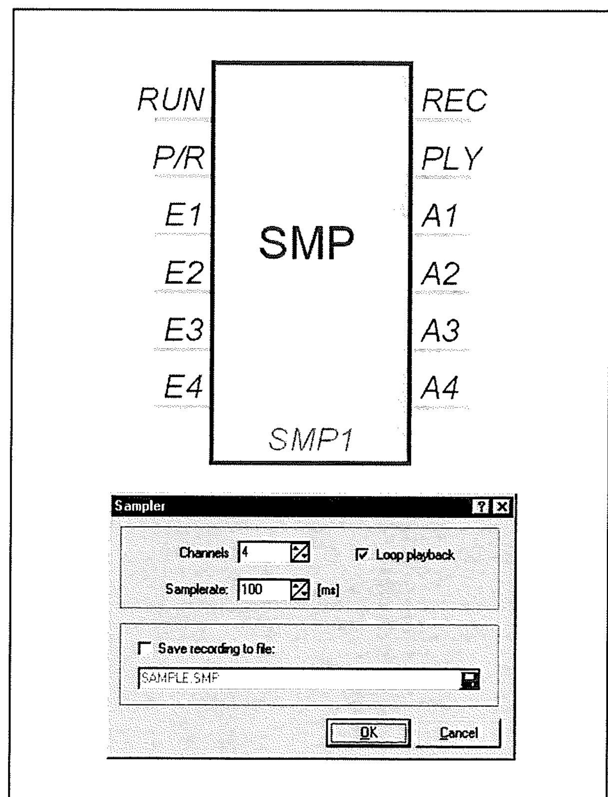
Dit component, voorgesteld in figuur 3/8.9.27-46, werk eenvoudig. Als u aan de ingang Stp een dalende flank legt, stopt ProfiLab met het runnen van uw project.




**Figuur 3/8.9.27-46:** Met deze Stop kunt u het runnen van uw project automatisch onderbreken.

## Sampler

Alweer zo'n onschuldig uitziend blokje, zie figuur 3/8.9.27-47, met heel veel mogelijkheden. Met deze Sampler SMP kunt u maximaal zestien analoge signalen E1 tot en met E16 opslaan in het werkgeheugen van uw PC, eventueel opslaan in een bestand, maar ook weer "afspelen" via de uitgangen A1 tot en met A16! De functies Record en Playback worden gecontroleerd door de digitale ingangen RUN en P/R. Zolang RUN "H" is wordt ofwel opgenomen, ofwel afgespeeld. Als P/R "H" is wordt opgenomen, als deze ingang "L" is wordt afgespeeld. De digitale uitgang REC is "H" in de RECORD-mode, de digitale uitgang PLAY is "H" in de PLAYBACK-mode.

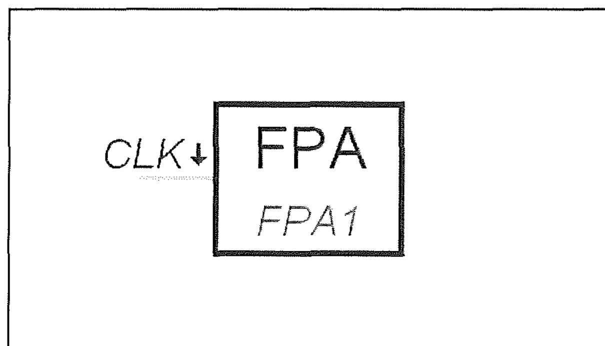



**Figuur 3/8.9.27-47:** Met deze Sampler kunt u analoge signalen opnemen en nadien weer afspelen. Onder het component ziet u het venster "Properties".

## Front Panel Activate

U kunt ieder project voorzien van diverse frontplaten. Op iedere frontplaat kunt u de componenten anders plaatsen en eventueel een ander uiterlijk geven. Iedere frontplaat krijgt een nummer. Met het component FPA, voorgesteld in figuur 3/8.9.27-48, kunt u overschakelen van het ene naar het andere frontplaat ontwerp. Het component reageert op de

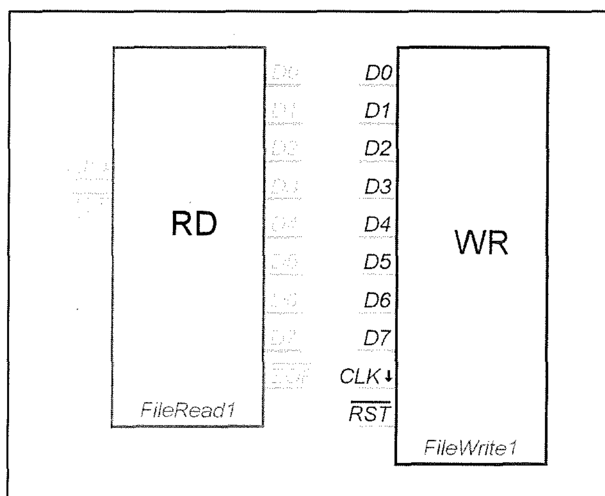
dalende flank van het ingangssignaal CLK.




**Figuur 3/8.9.27-48:** Met Front Panel Activate kunt u automatisch overschakelen van de ene naar de andere frontplaat.

## File - Read/Write Bytes

Met de twee digitale componenten RD en WR, zie figuur 3/8.9.27-49, kunt u bytes van en naar een bestand op uw harde schijf schrijven.



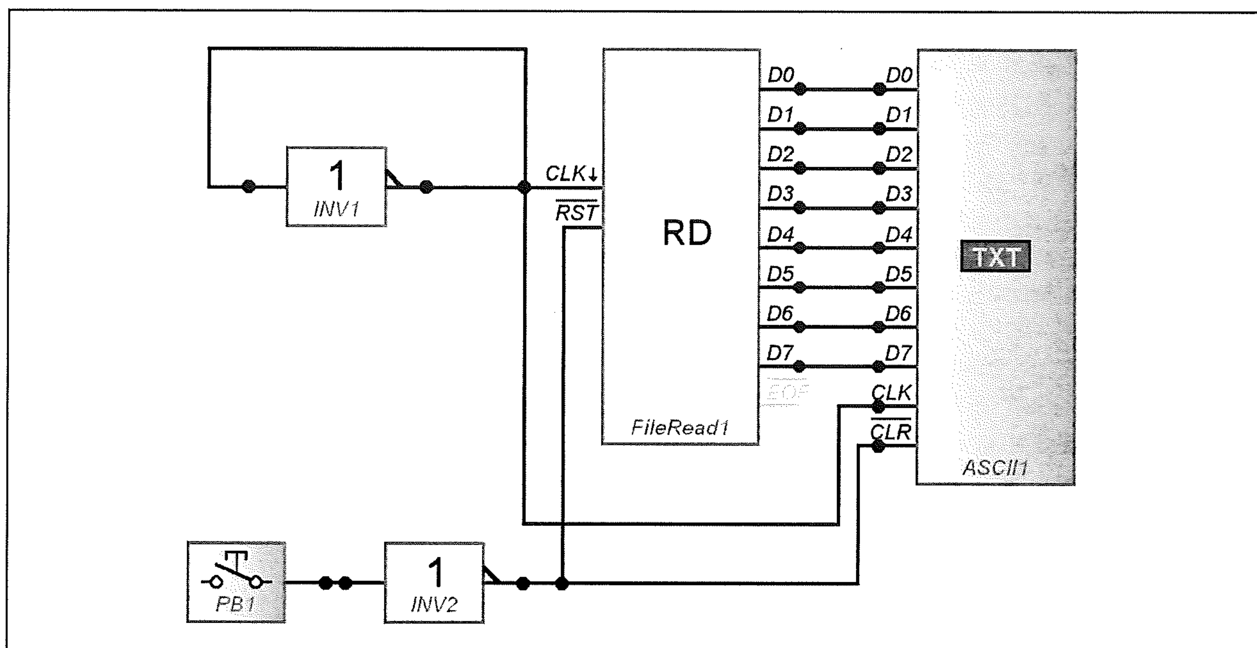

**Figuur 3/8.9.27-49:** Met de digitale componenten RD en WR kunt u bytes uit een bestand opvragen of bytes in een bestand opslaan.

Beide componenten hebben acht ingangen (anders zou het niet over bytes gaan) en het zal u duidelijk zijn dat de in- en uitgangen alleen geschikt zijn voor het verwerken van digitale signalen. Bij WR wordt een set data naar het bestand geschreven bij een dalende flank van CLK. Een "L" op de ingang $\overline{RST}$ wist alle gegevens uit het bestand, oftewel alle velden worden op "L" gezet. Bij RD leest de dalende flank van CLK één byte uit het bestand. Uiteraard houdt het systeem een teller bij, zodat bij iedere flank de volgende byte wordt uitgelezen. De uitgang EOF wordt "L" als het laatste byte wordt uitgelezen. Ook nu reset een "L" op $\overline{RST}$ de inhoud van het bestand.

## ASCII Display

Onze presentatie van de componenten RD en WR was een noodzakelijke inleiding om het ASCII Display ASCII voor te stellen. Met dit onderdeel kunt u een zuivere ASCII-tekst in een display op de frontplaat zetten. De tekst wordt karaktergewijs aangeleverd op de acht ingangspennen D0 tot en met D7. Waar haalt u die tekst vandaan? Bijvoorbeeld van een TXT-bestand op uw harde schijf. Natuurlijk heeft u dan het onderdeel RD nodig dat het bestand van uw harde schijf haalt en het karakter na karakter op het ritme van CLK naar het ASCII Display stuurt. In figuur 3/8.9.27-50 hebben wij het schema voorgesteld.
Als clockgenerator hebben wij gebruik gemaakt van een teruggekoppelde inverter INV1. Dit grapje kunt u ook met "echte" onderdelen uithalen. Door de poortvertraging zal het uitgangssignaal iets vertraagd verschijnen. Dit signaal verschijnt weer op de ingang en verschijnt geïnverteerd met enige vertraging op de uitgang. De poort wekt dus een blokspanning op waarvan de frequentie wordt bepaald door de vertraging van de poort.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.27-50:** Met deze schakeling leest u tekstbestanden van uw harde schijf naar een alfanumeriek display op de frontplaat.

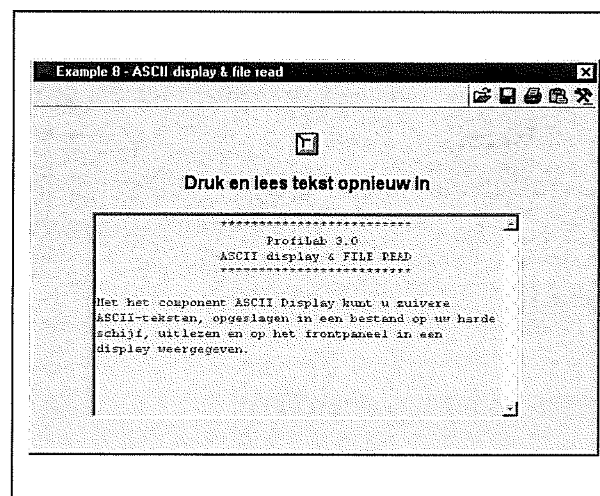
De programmeurs van Abacom hebben alle digitale schakelingen voorzien van een kleine vertraging tussen ingangsactie en uitgangsreactie om de "echte" wereld zo goed mogelijk na te bootsen. Vandaar dat u dit truukje ook in ProfiLab kun toepassen. Als u op de drukknop PB1 drukt wordt RST van FileRead1 en CLR van ASCII1 "L", met als gevolg dat de inhoud van ASCII1 wordt gewist en FileRead1 het geselecteerde bestand opnieuw inleest.

Een ander nieuw onderdeel dat wij u hier voorstellen is de drukknop PB1. De werking is eenvoudig. Als u de knop indrukt wordt de uitgang "H", in vrije positie is de uitgang "L".

De frontplaat van deze schakeling is voorgesteld in figuur 3/8.9.27-51.

## Conclusie

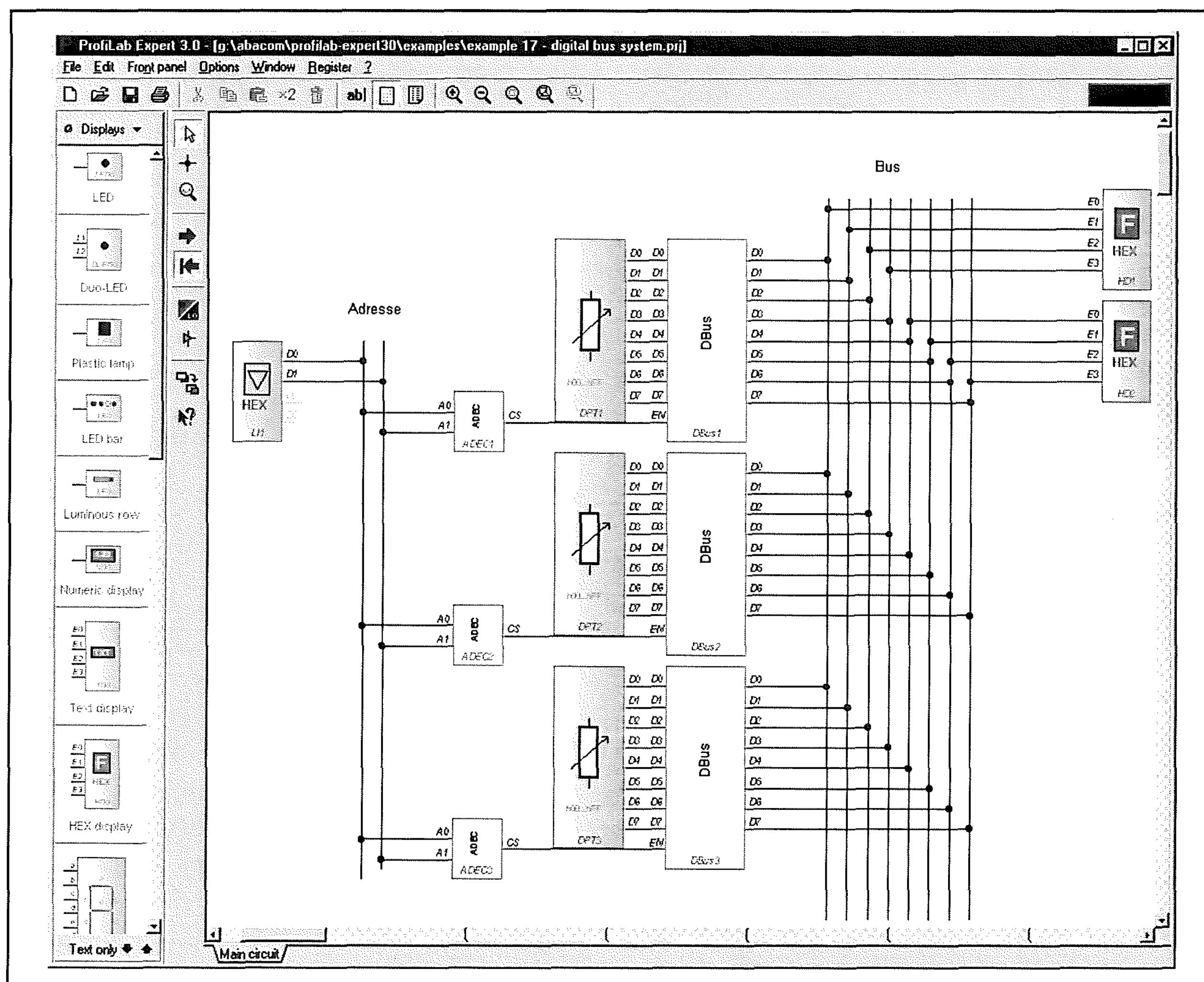
Wij hebben u in deze uitgebreide paragraaf kennis laten maken met een deel van de beschikbare componenten in ProfiLab. Wij kunnen het echter niet genoeg benadrukken: niet alle besproken componenten staan ter beschikking in de twee goedkopere versies DMM ProfiLab en Digital ProfiLab!




**Figuur 3/8.9.27-51:** De frontplaat van de schakeling van figuur 3/8.9.27-50.

U zult het ongetwijfeld met ons eens zijn dat de programmeurs van Abacom een

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.27-52:** De werkomgeving van de ProfiLab's.

prachtige prestatie hebben geleverd. De mogelijkheden die u als inventieve elektronicus krijgt zijn werkelijk adembenemend!

# Het werkvenster

## Inleiding

Wij hebben u in de vorige paragraaf in het kort duidelijk gemaakt hoe u met de ProfiLab's kunt werken. In deze paragraaf gaan wij alle mogelijkheden langs die het werkvenster u biedt. In figuur 3/8.9.27-52 is dit venster van de ProfiLab's voorgesteld met een schema ingeladen. Dit schema is een van de ongeveer 25 voorbeelden die Abacom meelevert. Deze voorbeelden geven u een goede basis om met het programma te leren werken.

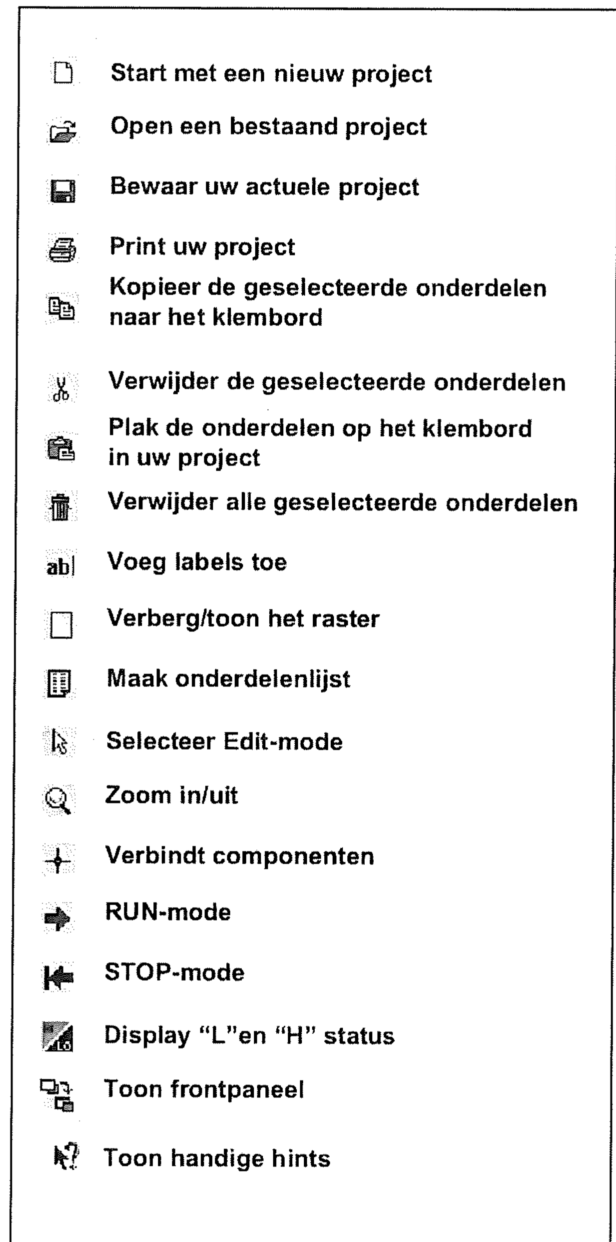
## De toolbalken

Onder de menubalk, die de standaard menu's van vrijwel alle Windows-programma's bevat, ziet u een horizontale en een verticale toolbalk met in totaal 19 knoppen die de meest gebruikte func-

**8.9 Software voor de ontwerper**

ties oproepen. In figuur 3/8.9.27-53 ziet u een overzicht van de functies van die knoppen. De meeste knoppen zult u wel zonder nadere verklaring begrijpen, maar een paar verdienen nadere toelichting.

- Kopieer geselecteerde componenten naar het klembord:
  Deze functie exporteert niet naar andere Windows-applicaties, maar alleen naar een ander tekenvel in ProfiLab.
- Voeg labels toe:
  Met deze knop kunt u teksten op uw tekenvel plaatsen.
- Verberg/toon raster:
  Schakelt het raster, waarop de componenten inklikken, aan of uit.
- Maak onderdelenlijst:
  Met deze functie maakt ProfiLab een lijstje aan van alle onderdelen die in uw project aanwezig zijn. Deze lijst kunt u als TXT-bestand bewaren en in bijvoorbeeld uw tekstverwerker bewerken.
- RUN-mode:
  Met deze knop start uw project op, u kunt het project niet meer editten, maar via de frontplaat bedienen.
- STOP-mode:
  U kunt uw project verder bewerken.
- Display “L” en “H” status:
  Een zeer handige functie, als u deze knop aanklikt en het project runt, dan worden alle signaallijnen die “H” zijn rood weergegeven en alle signaallijnen die “L” zijn zwart.
- Toon frontpaneel:
  Zet het frontpaneel op uw scherm.
- Toon handige hints:
  Als u deze knop indrukt verschijnen pop-up venstertjes met gegevens over het onderdeel als u met de muis een component aanwijst.




**Figuur 3/8.9.27-53:** De 19 knoppen van de twee toolbalken.

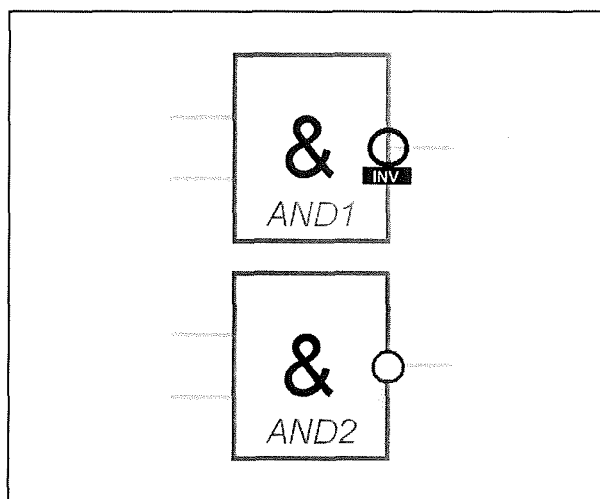
## Werken met componenten

Componenten zet u op het tekenvel door ze met de linker muisknop in de bibliotheek aan te klikken, naar het tekenvel te slepen en dan weer te klikken. U kunt reeds geplaatste componenten natuurlijk altijd “oppakken” met de muis en verplaatsen. Als u alle componenten

heeft geplaatst kunt u de verbindingslijnen aanbrengen met de knop "Verbindt componenten". U klikt met de linker muisknop op het begin van een verbinding, sleept de muis naar het einde (of een hoekpunt) en klikt weer met links. Een klik op de rechter muisknop beëindigt de verbinding. ProfiLab brengt automatisch een verbinding tot stand als twee lijnen elkaar raken of overlappen. Kruist u een bestaande lijn, dan wordt geen verbinding gemaakt. Wilt u wél een verbinding, dan moet u even met de linker muisknop op de reeds bestaande lijn klikken bij het aanleggen van de nieuwe lijn.
U hoeft niet per sé over te schakelen naar de functie "Verbindt componenten". Als u in de Edit-mode met de muis op het uiteinde van een aansluiting van een component gaat staan, verandert de cursor in een cirkeltje. U kunt dan, met ingedrukte linker muisknop, onmiddellijk vanaf deze aansluiting een verbindingslijn tekenen.

**Omwisselen van in- en uitgangen**
Standaard staan alle ingangen links en alle uitgangen rechts. Via het reeds in figuur 3/8.9.27-13 voorgestelde pop-up venster (met rechter muisknop op een geselecteerd component klikken) kunt u via de optie "Rotate" de ingangen rechts zetten en de uitgangen links. Het is echter niet mogelijk een component over 90° te draaien.

**Digitale uitgangen inverteren**
Als u met de muis op de uitgang van een digitaal component gaat staan verandert de cursor in een cirkeltje met daaronder de tekst "INV". Als u nu met de linker muisknop klikt, wordt de functie van de uitgang geïnverteerd, zie figuur 3/8.9.27-54. Een handige, maar ook een gevaarlijke functie. Voor iemand die deze eigenaardigheid van ProfiLab niet kent en uw schema ziet, is het nogal verwarrend om het symbool van een AND te zien met een inversie-bolletje aan de uitgang!

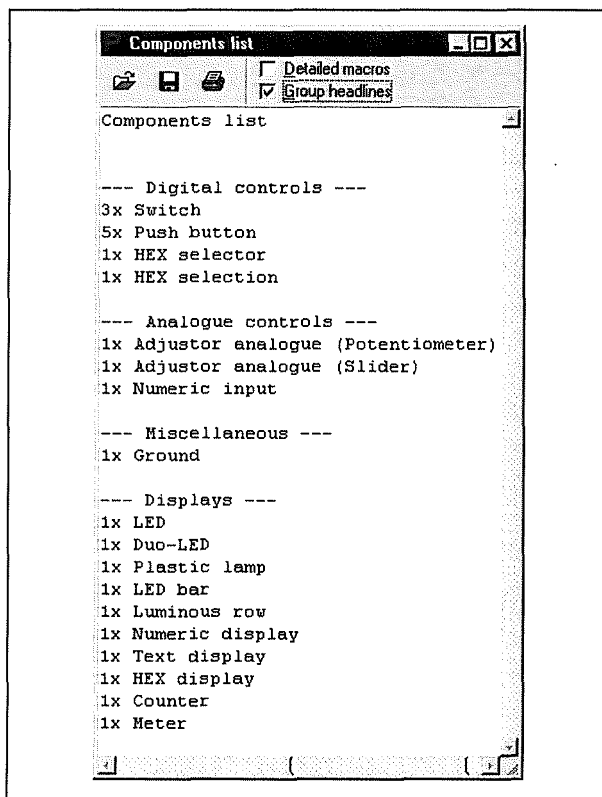



**Figuur 3/8.9.27-54:** U kunt met één klik van de muis een digitale uitgang inverteren.

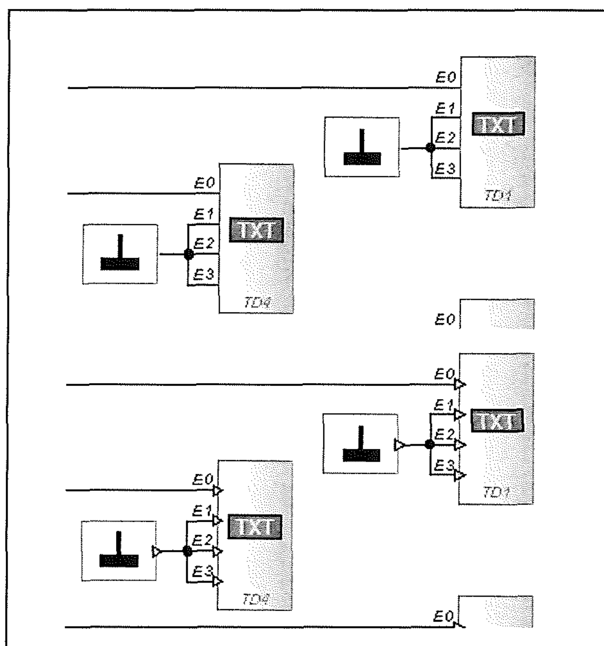
**Onderdelenlijst**
Als uw project helemaal klaar is kunt u door de functie "Maak onderdelenlijst" te activeren een compleet overzicht van alle gebruikte onderdelen genereren, zie figuur 3/8.9.27-55. Als u de optie "Group headlines" aanvinkt worden de componenten netjes ingedeeld naar categorie.

**Show Pin Status**
In de allernieuwste productie-run van de CD-ROM's van de programma's is de toolbar uitgebreid met een knop "Show Pin Status".
Als u deze functie activeert ziet u aan de hand van pijltjes hoe de signalen door uw schema lopen, zie figuur 3/8.9.27-56.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.27-55:** Een voorbeeld van de onderdelenlijst.



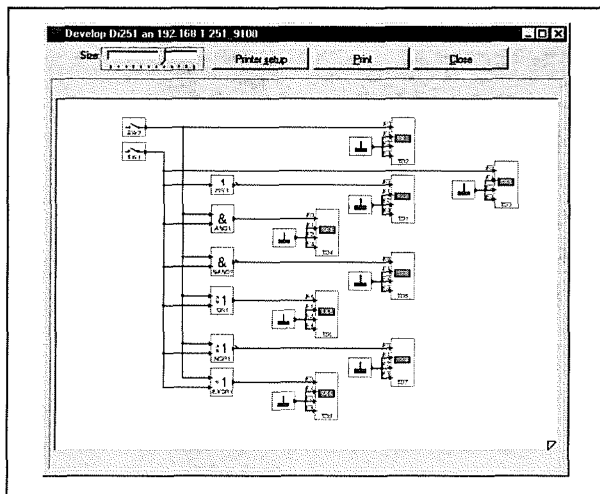

**Figuur 3/8.9.27-56:** Een deel van een schema zonder (boven) en met (onder) "Show Pin Status".

## Simulation Cycles Per Second

Als u uw project runt ziet u rechts boven in het venster van ProfiLab een getal dat blijkbaar een frequentie aangeeft. Dat is de clockfrequentie waarmee het project wordt gerund. Deze frequentie is zeer belangrijk als u externe apparatuur koppelt aan ProfiLab. De "Simulation Cycles Per Second" moet minstens twee keer hoger zijn dan de clockfrequentie waarmee de externe apparatuur gegevens naar uw PC uitleest. Is dat niet het geval, dan loopt u het risico dat niet alle gegevens van uw meetinstrument door ProfiLab worden ontvangen.

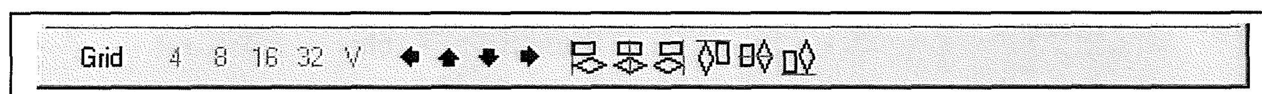
## Uw project printen

ProfiLab heeft een eenvoudig, maar functioneel printvenster, zie figuur 3/8.9.27-57. U kunt met de potentiometer "Size" de schaal van het schema veranderen.




**Figuur 3/8.9.27-57:** Het functionele printvenster van de ProfiLab's.

Het schema wordt altijd gecentreerd op de pagina afgedrukt. Wat opvalt is de uitstekende kwaliteit van de afdruk. Als u een klein schemaatje extreem uitvergroot tot het een vel A4 vult, dan zien




**Figuur 3/8.9.27-58:** De knoppenbalk waarmee u uw frontplaat kunt editten.

alle onderdelen er nog steeds perfect uit. Een logisch gevolg van het feit dat ProfiLab de onderdelen niet als pixelgrafiek, maar als vectorgrafiek aanbiedt.

# Het frontpaneel

### Inleiding

Als u componenten naar uw tekenvel sleept die een symbool hebben op het frontpaneel, dan zet ProfiLab dit symbool links boven neer. Het gevolg is dat er meestal symbolen over elkaar heen staan. Gelukkig kunt u alles dat ProfiLab op het frontpaneel zet op een snelle manier editten.

Onder in het venster van de frontplaat ziet u een aantal knoppen, die zijn voorgesteld in figuur 3/8.9.27-58.

Links ziet u de knop “Grid”. Als deze niet is ingedrukt kunt u alle onderdelen met de muis naar een willekeurige plaats op het frontpaneel slepen. Klikt u deze knop aan, dan wordt een onzichtbaar raster over het frontplaatje geprojecteerd en kunt u de onderdelen alleen van punt naar punt van dit raster slepen. U kunt de resolutie van dit raster instellen op 4, 6, 16 en 32 pixels. Als u de knop “V” indrukt, wordt het raster zichtbaar gemaakt zolang u de knop indrukt. Waarom de programmeurs van Abacom niet de mogelijkheid bieden dit raster constant in beeld te krijgen, net zoals in het venster van ProfiLab, mag een raadsel heten.

Met de vier pijltjesknoppen kunt u een of meerdere geselecteerde componenten gridsgewijs verplaatsen in de aangegeven richting. Heeft u het raster uitgeschakeld dat kunt u met deze pijltjes de onderdelen pixel per pixel verplaatsen.

Rechts ziet u zes uitlijningssymbolen waarmee u twee of meerdere componenten kunt uitlijnen en wel:

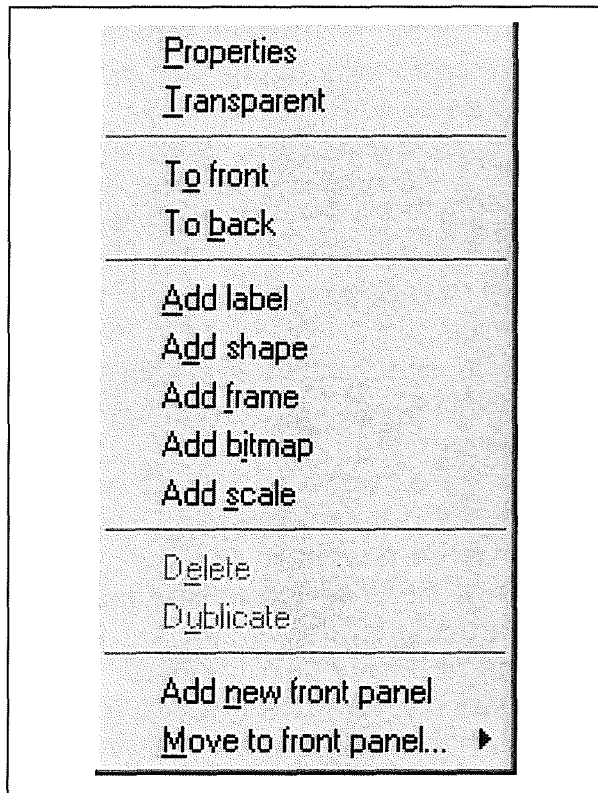
- links uitlijnen;
- verticaal centreren;
- rechts uitlijnen;
- boven uitlijnen;
- horizontaal centreren;
- onder uitlijnen.

Met deze tools zal het u niet veel moeite kosten om de layout van uw frontplaten perfect te verzorgen.

### Pop-up menu

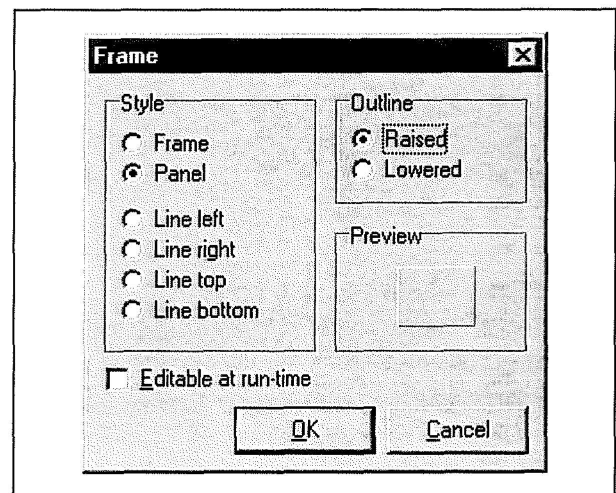
Als u met de rechter muisknop ergens op de frontplaat klikt verschijnt het pop-up menu van figuur 3/8.9.27-59. Met dit menu krijgt u toegang tot extra opties voor het verfraaien van uw frontpaneel.

- Properties:
  Deze optie heeft u vaak nodig, want er zijn veel componenten waarvan u de eigenschappen niet in het werkvenster van ProfiLab, maar in het venster van de frontplaat moet instellen.
- Transparant:
  Een handige optie als u bijvoorbeeld een frame aanbrengt (zie later) over andere componenten. Maakt u het frame transparant, dan ziet u de onder het frame verborgen onderdelen weer verschijnen.
- To front en To back:
  Ook alweer handig als componenten elkaar overlappen, u kunt de gewenste “volgorde in de diepte” instellen.




**Figuur 3/8.9.27-59:** In dit pop-up menu treft u dertien opties aan die u helpen uw frontpaneel in te richten.

- Add label:
  Hiermee kunt u teksten invoegen. Met een rechter muisklik op de tekst kunt u de eigenschappen (inhoud, soort letter, lettergrootte, kleur) instellen.
- Add shape:
  Hiermee kunt u geometrische patronen, zoals cirkels, ellipsen en vierkanten aanbrengen. U kunt de shape edit-ten door er met de rechter muisknop op te klikken.
- Add frame:
  Met deze optie kunt u horizontale lijnen, verticale lijnen en kaders op de frontplaat zetten. Dat Abacom u zelfs bij zoiets in wezen onbenulligs als een kadertje heel veel mogelijkheden biedt, bewijst figuur 3/8.9.27-60, waar het instelvenstertje voor een frame is weergegeven.
- Add bitmap:
  Geeft u de mogelijkheid illustraties op uw frontplaat aan te brengen, handig als u uw bedrijfslogo wilt opnemen! De optie ondersteunt echter alleen BMP's.
- Add scale:
  Met deze optie kunt u extra schaalindelingen aanbrengen.



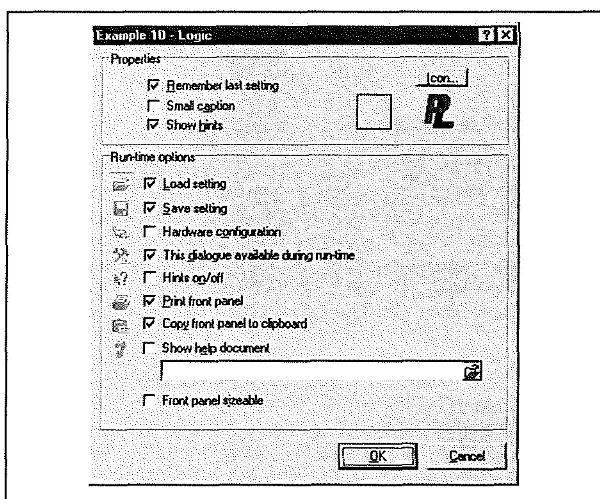

**Figuur 3/8.9.27-60:** Het instelvenster van de optie "Add frame".

## Meer dan één frontplaat

U kunt uw project voorzien van meer dan een frontplaat. Met de optie "Add new front panel" uit figuur 3/8.9.27-59 maakt u zo'n nieuwe frontplaat aan. De extra frontplaten krijgen nummers en tab's in het venster van uw eerste frontplaat. Door met de rechter muisknop op dit nummer te klikken kunt u een eigen naam toekennen.
Met de optie "Move to front panel ..." uit figuur 3/8.9.27-59 kunt u geselecteerde componenten verplaatsen naar een andere frontplaat.
Als u uw project runt kunt u nog steeds omschakelen tussen de frontplaten.

## Front panel Properties

In de linker bovenhoek van het frontpaneel ziet u een pictogram met gereedschappen. Hierop klikken opent het venster "Front panel Properties" van figuur 3/8.9.27-61. Deze instellingen zijn belangrijk voor de manier waarop een project wordt gerund.




**Figuur 3/8.9.27-61:** Het venster "Front panel Properties".

- Remember last setting:
  Slaat alle standen van de bedieningsorganen op, bij het opnieuw runnen van het project wordt met deze instellingen gestart.
- Small caption:
  De frontplaat wordt weergegeven zonder pictogram.
- Show hints:
  Activeert de reeds besproken optie waarbij een pop-up venstertje verschijnt als u met de muis een onderdeel aanwijst.
- Load setting:
  Met deze optie kunt u, tijdens het runnen, eerder opgeslagen instellingen van de bedieningsorganen importeren.
- Save setting:
  De momentele instellingen kunnen worden bewaard in een EST-bestand.
- Hardware configuration:
  Laat toe tijdens een run de instellingen van de externe hardware te wijzigen, bijvoorbeeld een andere COM-poort te selecteren.
- This dialogue available during run-time:
  Tijdens een run krijgt u toegang tot het venster van figuur 3/8.9.27-61.
- Hints on/off:
  Schakelt de weergave van de hints tijdens een run aan of uit.
- Print front panel:
  U kunt het frontpaneel tijdens een run afdrukken.
- Copy front panel to clipboard:
  De gebruiker kan tijdens een run een screenshot maken van uw frontpaneel.
- Show help document:
  De gebruiker kan tijdens een run help oproepen, u moet de filenaam van het helpbestand invoeren. Dit kan een HLP- of een CHM-bestand zijn.
- Front panel sizeable:
  U kunt tijdens een run de afmetingen van het frontpaneel wijzigen.
- Icon
  Als u op dit symbooltje klikt kunt u een ICO-bestand selecteren dat wordt opgenomen in de titelbalk van uw frontplaat.

## De frontplaat bedienen

Tijdens een run kunt u uiteraard alle knoppen bedienen. Eerst klikt u met de linker muisknop op het betreffende onderdeel, u ziet een rood pijltje verschijnen. Schakelaars bedient u door er met de linker muisknop op te klikken. Draai- en schuifpotentiometers kunt u met het muiswiel verdraaien of verschuiven of

gewoon door de muis heen en weer te bewegen.

# Werken met macro's

### Inleiding

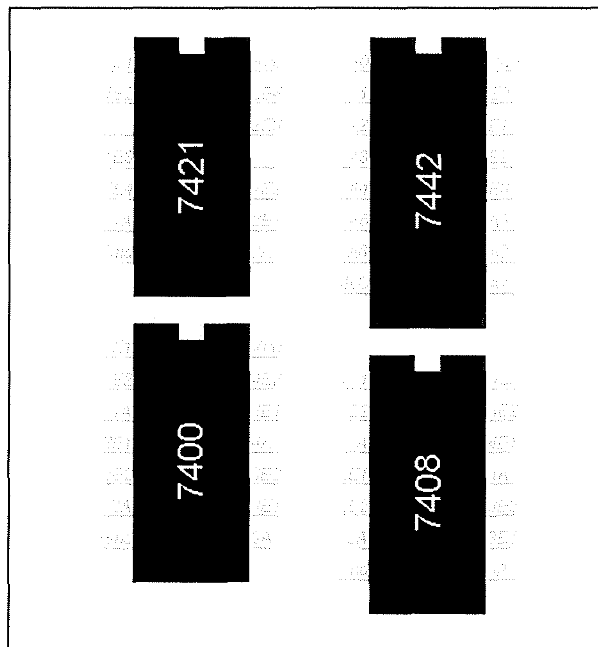
Macro's zijn deelschema's met in- en uitgangen, die u in ProfiLab als één component kunt importeren. Alle macro's worden voorgesteld onder de vorm van een DIL-IC. As u dus ergens in een ProfiLab schema een dual-in-line IC ziet staan, dan weet u dat daarachter een macro verborgen zit.
Het zal u wel duidelijk zijn dat de mogelijkheid eigen macro's te ontwerpen een uiterst krachtige functie van de ProfiLab's is. U kunt er ingewikkelde schema's zeer overzichtelijk mee maken door standaard functies, die bijvoorbeeld tien componenten hebben, "samen te vatten" in een macro met één in- en één uitgang.

### TTL-macro's

ProfiLab wordt uitgeleverd met dertien macro's van TTL-IC's. U kunt deze op het tekenvel zetten via de optie "Macros" in de onderdelenbibliotheek. In figuur 3/8.9.27-62 hebben wij vier van deze TTL-macro's verzameld.

### Eigenschappen van macro's

In een macro kunt u alle componenten opnemen die ter beschikking staan, dus ook potentiometers en schakelaars. Deze worden op het frontplaatje gezet als u de macro naar uw tekenvel sleept.
U kunt deze macro echter niet bewerken. U ziet immers niets anders dan een DIL-IC. Gelukkig bestaat er wél een speciale mogelijkheid om macro's te editten.

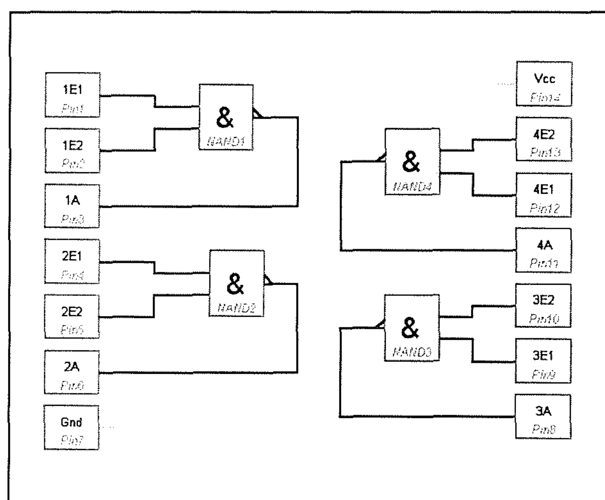



**Figuur 3/8.9.27-62:** Vier van de dertien macro's die worden meegeleverd.

### Macro's bewerken

Eerst een belangrijke opmerking. Als u een macro naar het tekenvel sleept, neemt ProfiLab **EEN KOPIE** van deze macro in uw schema op. Als u deze macro vervolgens gaat bewerken, gelden deze bewerkingen alleen voor de kopie in uw schema. De originele macro op uw harde schijf verandert dus niet.
Klik met de rechter muisknop op de macro. In het pop-up menu ziet u als laatste optie "Edit macro". Als u hierop klikt wordt het tekenvel vervangen door het "Edit Macro Sheet". In figuur 3/8.9.27-63 hebben wij bijvoorbeeld de macro "7400" op deze manier geopend.
U ziet uiteraard de vier NAND-poorten waaruit de 7400 bestaat en 14 zogenoemde "Macro Pin's". Wij komen daar later op terug. Nadat u de wijzigingen heeft aangebracht drukt u op "CTRL-F4". De wijzigingen worden opgenomen in **DE KOPIE** van de macro en u komt weer in het tekenvel van uw schema.

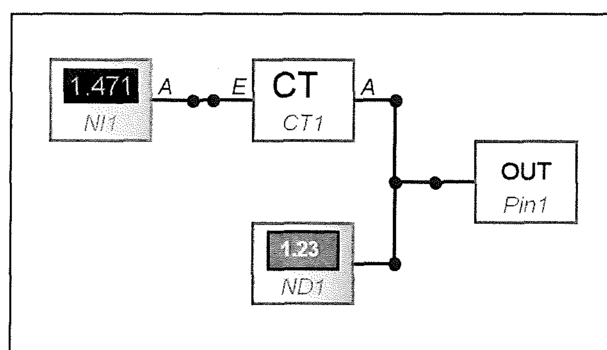
**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.27-63:** De inhoud van de macro "7400".

## Zélf ontwerpen van macro's

Dank zij deze optie krijgt u een krachtig werktuig in handen om eigen componenten te creëren en deze later in uw blokschema's te integreren. Het ontwerpen van een eigen macro is een fluitje van een cent. In eerste instantie tekent u het schema dat u in de macro wilt integreren.




**Figuur 3/8.9.27-64:** Met dit schema simuleert u een niet-lineair werkende temperatuursensor waar u een macro van maakt.

Laten wij een eenvoudig voorbeeld behandelen. Stel dat u een regelsysteem moet ontwerpen dat reageert op een externe temperatuursensor. De sensor heeft een bereik van 0 °C tot 100 °C en levert in dit bereik een **NIET-LINEAIRE** gelijkspanning af. U kunt natuurlijk al tijdens het samenstellen van het systeem die sensor via een universeelmeter op uw PC aansluiten en op deze manier integreren in uw blokschema, maar dat is een heel gedoe. U kunt een macro ontwerpen die precies hetzelfde doet en waarmee u via het toetsenbord de zogenaamde gemeten temperatuur kunt invoeren. Het schema is getekend in figuur 3/8.9.27-64.

Met de Numeric Input NI1 krijgt u de mogelijkheid temperaturen tussen 0 °C en 100 °C via het toetsenbord in te voeren.

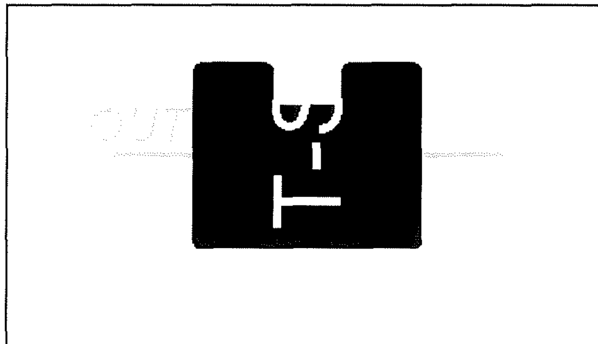
In de Correction Table CT1 voert u het verband in tussen temperatuur en de door de sensor gegenereerde spanning. Dat verband haalt u ongetwijfeld uit het datasheet van de sensor. Wij hebben de Correction Table al besproken aan de hand van figuur 3/8.9.27-37.

Met het Numeric Display ND1 meet u de uitgangsspanning van de gesimuleerde sensor en zet deze op de frontplaat.

Dat is bijna alles. U moet aan het schema minstens één Macro Pin toevoegen. In dit geval is dat natuurlijk de uitgangsspanning van de sensor Pin1. Via de properties van de Macro Pin moet u aan de pen een naam toekennen, bijvoorbeeld OUT. U heeft nu een macro gemaakt die u via het menu "File" en de optie "Save as macro" onder een eigen naam naar de directory waarin ProfiLab de macro's bewaart kunt saven. Kies een duidelijke naam, bijvoorbeeld T-SENSOR.MAK.

De nieuwe macro verschijnt onmiddellijk in de macro-bibliotheek links in het venster en u kunt deze vanaf nu in uw blokschema's toepassen. Het resultaat ziet u in figuur 3/8.9.27-65.

**8.9 Software voor de ontwerper**



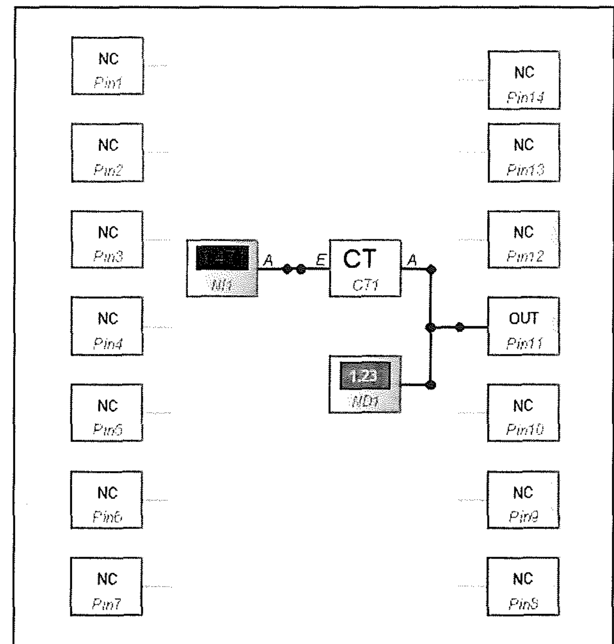
**Figuur 3/8.9.27-65:** Uw eerste macro is klaar, maar mooi is anders!

### Verfraaien

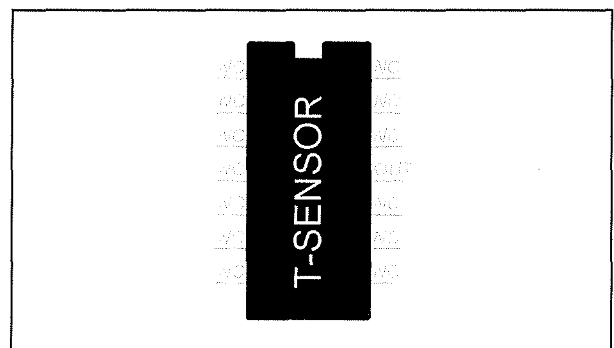
Deze macro werkt perfect, maar helaas kunnen wij wat presentatie betreft niet erg tevreden zijn. Bovendien staat de uitgang links in plaats van rechts. ProfiLab heeft maar één Macro Pin in uw macro ontdekt en dus maakt het programma er een DIL-IC van met slechts twee pennen dat zo klein is dat zelfs de naam niet te lezen is. Dat moet beter kunnen! Open de macro op de reeds beschreven manier en voeg aan weerszijden een aantal Macro Pins toe, zie figuur 3/8.9.27-66, zodat een DIL-14 IC ontstaat. Die pennen benoemd u allemaal "NC" oftewel Not Connect. Zorg er bovendien voor dat de uitgangspen een nummer van 8 tot en met 14 krijgt. Op die manier zal de uitgangspen rechts worden getekend.
Het resultaat is weergegeven in figuur 3/8.9.27-67, een macro die er zijn mag!

### Macro frontplaat

Vergeet ondertussen niet aandacht te besteden aan de lay-out van het frontplaatje van de temperatuursensor. Deze lay-out wordt immers mee gesaved en verschijnt ook als "bedieningsorgaan" van de sensor op de frontplaat van een blokschema waarin u de temperatuursensor opneemt. Wat dacht u van figuur 3/8.9.27-68?




**Figuur 3/8.9.27-66:** Door het toevoegen van 15 Macro Pin's en door deze in de juiste volgorde te zetten wordt het misbaksel van figuur 3/8.9.27-65 omgevormd tot moeders mooiste.



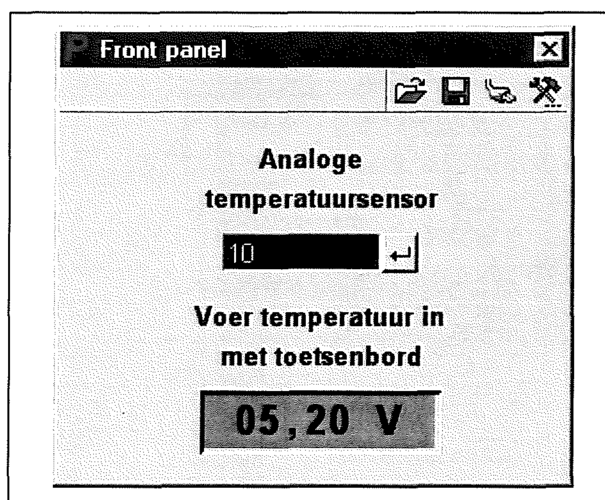

**Figuur 3/8.9.27-67:** De macro van figuur 3/8.9.27-65 heeft een paar cosmetische ingrepen ondergaan en is nu bruikbaar.

# Externe hardware

### Inleiding

De ProfiLab's hebben een aantal componenten waarmee u een koppeling tot

stand brengt met externe apparatuur die u via een parallelle poort (LPT), een seriële poort (COM) of USB op uw PC aansluit.




**Figuur 3/8.9.27-68:** Het frontplaatje van uw temperatuursensor maakt onderdeel uit van de macro en wordt mee gesaved.

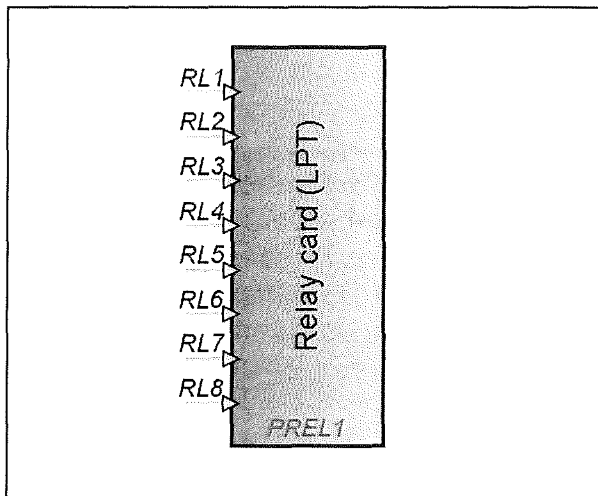
Deze componenten kunt u beschouwen als een soort van interfaces, die de gegevens die door de externe hardware aan uw PC worden geleverd in uw blokschema invoeren. Hetzelfde geldt natuurlijk voor de componenten die gegevens naar externe hardware sturen.
Via het "Properties"-venster van deze componenten kunt u de koppeling gedetailleerd tot stand brengen, door onder andere het poortnummer in te voeren en de signalen die de externe hardware levert of ontvangt te koppelen aan de pennen van het onderdeel.

**Welke hardware?**
ProfiLab heeft koppelingen aan boord voor interfacing met:
- digitale universeelmeters met COM- of USB-aansluiting;
- relaiskaarten met LPT-aansluiting;
- AD- en DA-kaarten die u in een vrij slot van uw PC monteert;
- rechtstreekse koppeling met de pennen van de LPT-poorten;
- rechtstreekse koppeling met de pennen van de COM-poorten;
- rechtstreekse toegang tot de I/O-registers van uw PC;
- rechtstreekse toegang tot hardware met een 8255 interface chip.

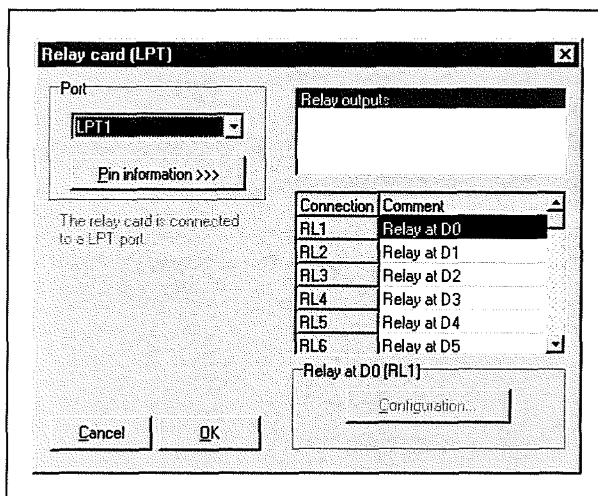
**Merkspecifieke componenten**
Om het u gemakkelijk te maken zitten in de bibliotheek "Hardware" tientallen componenten die door Abacom al volledig voorbereid zijn op een koppeling met bekende apparatuur van even bekende fabrikanten. U treft componenten aan voor koppeling met hardware van Kolter, BMC, ELV, Velleman, ModulBus, Conrad (Voltcraft), LabJack, Meilhaus, Phidgets, Hygrotech, Sartorius, Dostmann en Fischertechnik.
Dat zijn niet alleen AD/DA-kaarten, maar bijvoorbeeld ook sensoren

**Voorbeeld 1:**
**uitvoer naar de parallelle poort**
Dit doet u via het component Relay Card (LPT), voorgesteld in figuur 3/8.9.27-69. Eenvoudiger kan welhaast niet! Het onderdeel heeft acht ingangen RL1 tot en met RL8 die rechtstreeks de acht datalijnen D0 tot en met D7 van uw parallelle poort aansturen. Zet u een "H" op een van de ingangen, dan wordt de daaraan gekoppelde data-uitgang van de poort "H".
In het "Properties"-venster van figuur 3/8.9.27-70 moet u alleen het nummer van de poort instellen. Bij een normale PC is dat LPT1, maar u kunt uitbreidingskaarten aanschaffen, waardoor uw PC meerdere LPT-poorten krijgt.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.27-69:** Met dit component kunt u rechtstreeks gegevens naar uw parallelle poort sturen.




**Figuur 3/8.9.27-70:** Het "Properties"-venster van de relay Card (LPT).

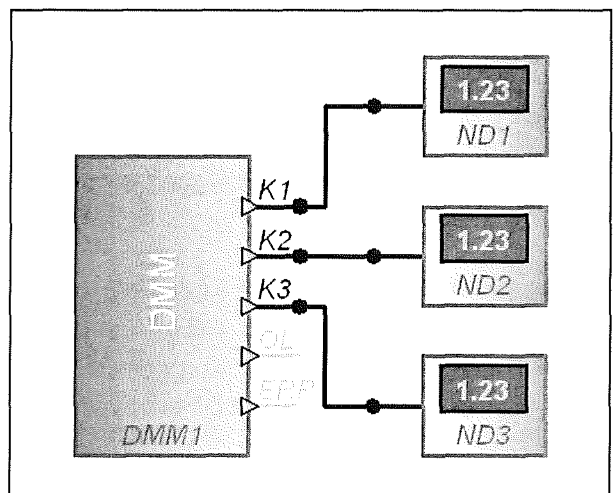
## Voorbeeld 2: multimeter gegevens inlezen

Als voorbeeld behandelen wij de interfacing met de digitale universeelmeter model M-3890DT van Voltcraft, zie figuur 3/8.9.27-71. Dit apparaat wordt in Nederland onder andere door Conrad verkocht. Deze universeelmeter heeft drie display's waarop u de actuele meetwaarde, de minimaal gemeten waarde en de maximaal gemeten waarde kunt aflezen.

U verbindt het apparaat met uw PC via een USB-poort.



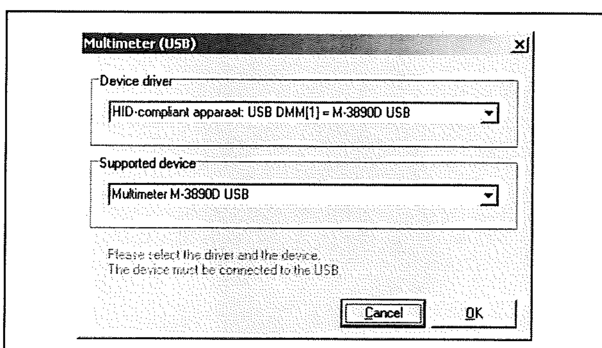
**Figuur 3/8.9.27-71:** In dit voorbeeld gaan wij deze prachtige USB-meter van Voltcraft in ProfiLab integreren.




**Figuur 3/8.9.27-72:** Met dit schema neemt u de M-3890DT op in uw ProfiLab schema.

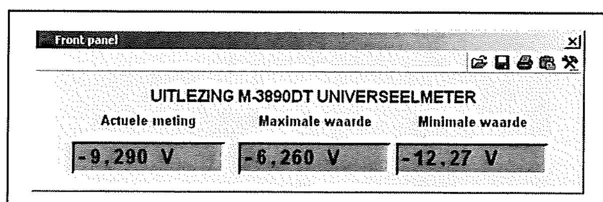
Het schema is getekend in figuur 3/8.9.27-72. U sleept het onderdeel Mul-

timeter (USB) naar uw tekenvel en sluit op de drie uitgangen K1, K2 en K3 drie Numeric Display's ND1, ND2 en ND3 aan. Dat is alles!
Natuurlijk moet u de meter configureren. In het "Properties"-venster van figuur 3/8.9.27-73 stelt u de "Device driver" en het "Supported device" in op M-3890D. Ook dat is alles!




**Figuur 3/8.9.27-73:** Het "Properties"-venster voor de meter.

Het resultaat op de frontplaat ziet u in figuur 3/8.9.27-74. ProfiLab zet de drie meetwaarden keurig in de display's, waarbij opvalt dat de op de meter en in ProfiLab afgelezen waarden tot het laatste digit identiek zijn.




**Figuur 3/8.9.27-74:** De drie meetgegevens van de M-3890DT worden weergegeven.

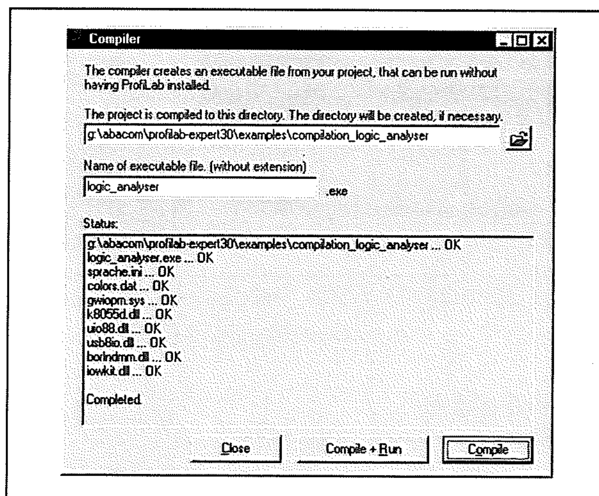
# De compiler

## Inleiding

Zoals reeds in de inleiding geschreven heeft ProfiLab Expert een compiler aan boord, waarmee u uw projecten omzet in zelfstandig werkende uitvoerbare EXE-bestanden. Bij het uitvoeren van een dergelijk bestand op een willekeurige PC verschijnt alleen de door u ontworpen frontplaat op het scherm, met de door u ingestelde eigenschappen. Iedereen kan uw project dan bedienen, uiteraard onder de voorwaarde dat dezelfde externe hardware op dezelfde poorten is aangesloten.

## Werkwijze

Als uw project helemaal klaar is en u het uitvoerig heeft getest gaat u naar het menu "File" en kiest de optie "Compile". In het venster van figuur 3/8.9.27-75 vult u een directory in waarin de bestanden worden opgeslagen en de naam voor het EXE-bestand. Klik op de knop "Compile" of "Compile and Run" en even later is uw project gecompileerd.




**Figuur 3/8.9.27-75:** Via dit venster kunt u uw projecten omzetten in uitvoerbare EXE-bestanden.

## Het resultaat

Het resultaat van een compilatie zijn elf bestanden met een totale omvang van ongeveer 4,5 MB. Als u het gecompileer-

de project wilt verspreiden moet u die elf bestanden steeds in een eigen directory opslaan, want het EXE-bestand kan niet zonder de tien overige bestanden worden gedraaid.

# Nadere informatie

**Leverancier**
De drie ProfiLab's van Abacom zijn in Nederland en Vlaanderen uitsluitend per postorder te bestellen bij:
Vego VOF, Postbus 320143, 6370 JA Landgraaf (NL)
Telefoon: 045-533.22.00
Fax: 045-533.22.02
E-mail: vego_vof@compuserve.com
Internet: www.elektronicasoftware.nl

**Prijzen**
DMM ProfiLab en Digital ProfiLab kosten € 34,95, ProfiLab Expert kost € 99,95 (prijzen exclusief 19% BTW).

**Demo's**
Via www.elektronicasoftware.nl kunt u demo's van de drie ProfiLab's downloaden. Deze demo's zijn volledig functioneel, u kunt er echter niet mee printen of saven.

## 8.9 Software voor de ontwerper

# 3/8.9.28

# Edison4, een elektronica ontwerp laboratorium op uw PC

## Kennismaking

### Spelenderwijs elektrische en elektronische schakelingen opbouwen

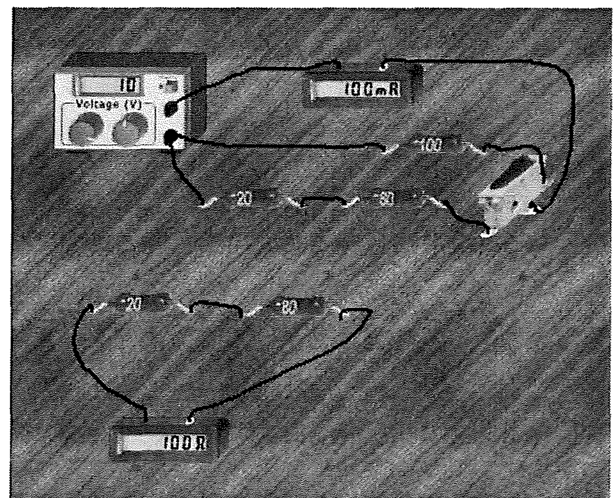
Edison4 is een 3D-omgeving, waarin u spelenderwijs elektronica schakelingen opbouwt, simuleert, test en meet. Edison4 is een uniek hulpmiddel waarmee u al experimenterend de basisprincipes van de elektriciteitsleer en de elektronica leert. Het programma bevat tientallen driedimensionele realistische afbeeldingen van elektrische en elektronische componenten, die u met de muis naar uw virtuele werktafel of virtueel breadboard sleept en met elkaar verbindt. Nadien kunt u meetapparatuur toevoegen en uw schakeling in real time uittesten en meten.

### Automatisch schema tekenen

Een unieke eigenschap van Edison4 is dat de software automatisch het schema van uw schakeling tekent! In het linker venster maakt u uw schakeling met realistische componenten, in het rechter venster ziet u onmiddellijk hoe het schema van uw schakeling er uit ziet!

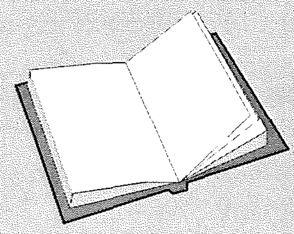
### Eenvoudige schema's op uw virtuele werktafel

Eenvoudige schema's, zoals de wet van Ohm demonstratie uit figuur 3/8.9.28-1, bouwt u met Edison4 snel op uw virtuele werktafel door de onderdelen met de muis uit de voorraad naar de werktafel te slepen.

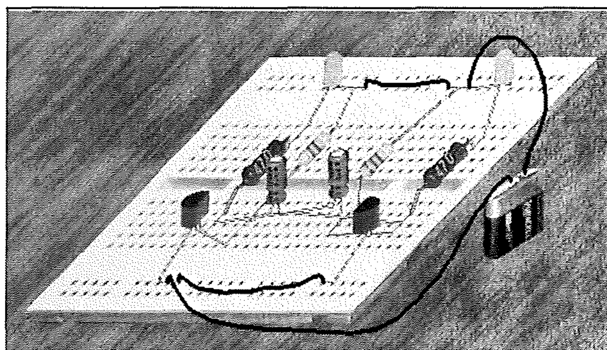



**Figuur 3/8.9.28-1:** Eenvoudige schema's kunt u op uw virtuele werktafel samenstellen.

**LEES OOK:**
**Hoofdstuk 3/8.9.27**



Nadien voegt u de voeding en een paar meters toe. Tot slot legt u met de muis de bedrading tussen de onderdelen. De meters geven onmiddellijk de juiste meetwaarden in de schakeling aan. In dit voorbeeld wordt de totale weerstand van een serieschakeling gemeten en de stroom die een spanning van 10 V door een weerstand van 100 Ω stuurt. De uitgangsspanning van de voeding is uiteraard in te stellen door met de muis links en recht op de knoppen te klikken.



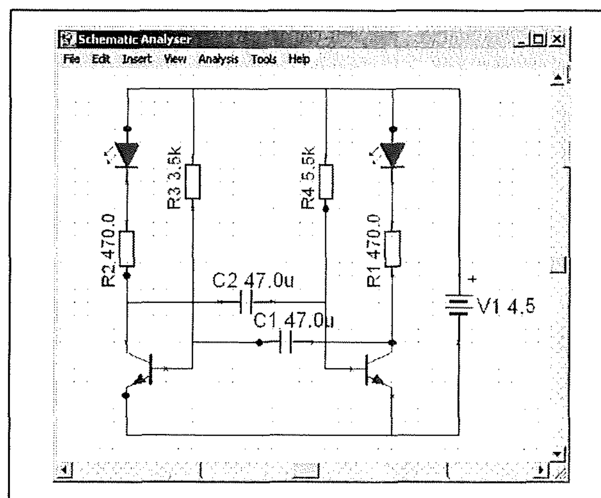
**Figuur 3/8.9.28-2:** Dank zij het virtuele breadboard stelt u uw schakelingen realistisch samen.

## Schema's op virtueel breadboard

Voor ingewikkelder schema's kunt u gebruik maken van het in Edison4 aanwezige virtueel breadboard, zie figuur 3/8.9.28-2. U sleept de onderdelen uit de voorraad naar het breadboard, u ziet de aansluitdraden van de componenten van gaatje naar gaatje springen. Met één klik van de muis fixeert u de onderdelen op de plaats waar u ze wilt hebben. Nadien kunt u de aansluitdraden met de muis verplaatsen naar andere gaatjes in het breadboard als u dat beter uitkomt.

## De automatische "Schematic Analyser"

Edison4 biedt als unieke extra functie de automatische "Schematic Analyser" van figuur 3/8.9.28-3. Terwijl u op uw virtuele werktafel of breadboard uw schakeling driedimensionaal opbouwt, stelt de "Schematic Analyser" volledig automatisch het schema van uw schakeling samen. Uiteraard kunt u dit schema nadien editten, waarbij rubber banding wordt toegepast. Als u een onderdeel verplaatst, worden de verbindingen van dit onderdeel met de rest van de schakeling automatisch herstelt. Via het menu "Analysis" kunt u uw schakeling op alle mogelijke manieren uittesten en de meetresultaten onder de vorm van grafieken op uw scherm zetten.




**Figuur 3/8.9.28-3:** In het venster van de "Schematic Analyser" ziet u het schema van uw schakeling onderdeel na onderdeel groeien.

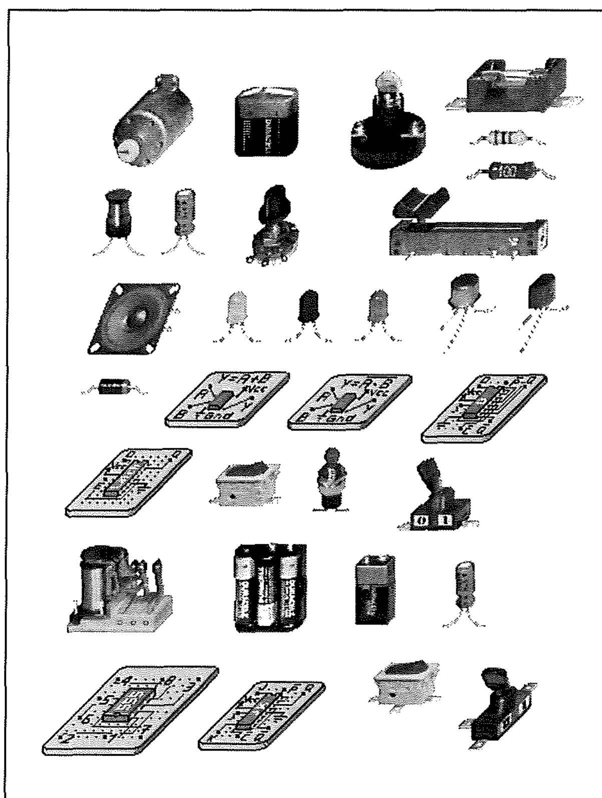
## De aanwezige onderdelen

Edison4 bevat alle standaard elektronische onderdelen, zie figuur 3/8.9.28-4, waarmee u vrijwel iedere analoge of digitale schakeling kunt samenstellen:

- enkelvoudige schakelaar;
- omschakelaar;
- drukknop;
- relais met omschakelcontact;
- motor;

**8.9 Software voor de ontwerper**

- diverse batterijen;
- vaste weerstand;
- draaipotentiometer;
- schuifpotentiometer;
- condensator;
- spoel;
- luidspreker;
- diode;
- LED, rood, groen en geel;
- gloeilampje;
- zekering;
- bipolaire NPN- en PNP-transistor;
- MOSFET N- en P-type;
- operationele versterker 741;
- timer 555;
- logische poorten AND, OR, NAND, NOR, NOT, XOR;
- flip-flop's van het type D en JK;
- latch.



**Figuur 3/8.9.28-4:** De beschikbare onderdelen hebben een fotorealistische weergave.

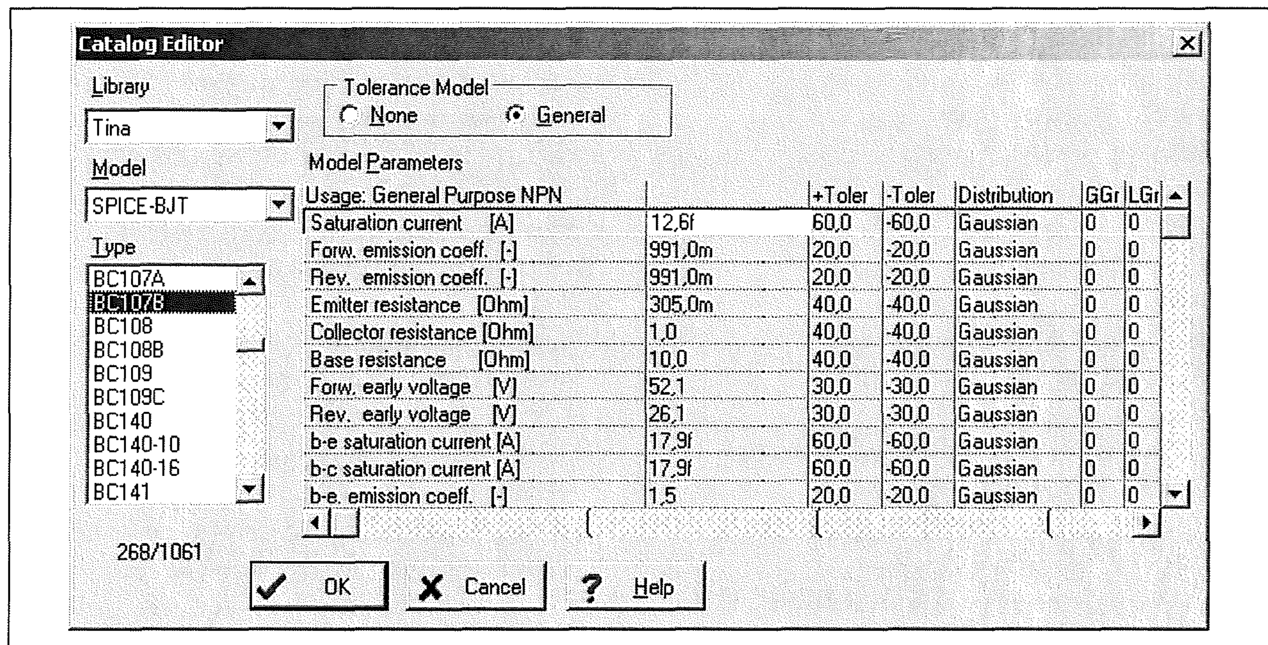
Opmerkelijk is dat de vormgeving van de IC's automatisch verandert als u het breadboard inschakelt. De platte voorstelling van figuur 3/8.9.28-4, ideaal voor ontwerpen op uw virtuele werktafel, verandert dan in een écht DIL-IC.
Alle onderdelen werken als hun "echte" soortgenoten:
- u kunt schakelaars en potentiometers met de muis bedienen;
- als er stroom door een lampje of een LED vloeit gaat dit onderdeel licht uitstralen;
- als er te veel stroom door een zekering vloeit gaat dit onderdeel defect;
- de luidspreker geeft via uw geluidskaart geluid;
- als er stroom door de relaisspoel vloeit ziet u het contact schakelen.

**Parameters van onderdelen instellen**

Edison4 biedt twee mogelijkheden voor het instellen van de parameters van de componenten.
Als u in uw virtuele werktafel of virtueel breadboard op een onderdeel dubbelklikt, kunt u de basiseigenschappen van de onderdelen instellen, zie figuur 3/8.9.28-5, zoals:
- stroomversterking van transistoren;
- waarde en tolerantie van weerstanden, etc.;
- spoelspanning van relais;
- spanning van batterijen.

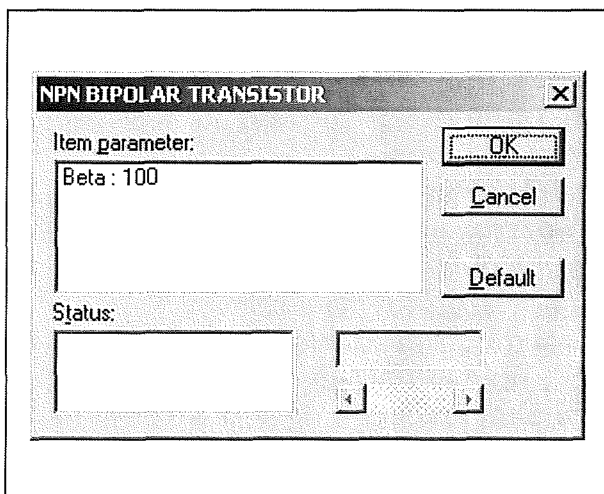
Deze optie is duidelijk bedoeld voor "beginnelingen", die nog niet veel van elektronica afweten. Zij worden niet in verwarring gebracht door allerlei ingewikkelde parameters.
Dubbelklikt u echter in de "Schematic Analyser" op hetzelfde onderdeel, dan kunt u vrijwel alle parameters van het SPICE-model instellen, zie figuur 3/8.9.28-6, zoals:

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.28-6:** Het instellen van de parameters van een transistor in de "Schematic Analyser".

- temperatuurscoëfficiënten;
- inwendige weerstanden;
- grensfrequenties;
- contactweerstanden;
- vertragingen.




**Figuur 3/8.9.28-5:** Het instellen van de basiseigenschappen van de onderdelen.

Het is duidelijk dat deze optie alleen geschikt is voor geoefende elektronici, als u nog niet veel van elektronica afweet zullen zelfs de namen van de meeste parameters u immers (nog) niets zeggen.

**Toleranties instellen**

Op alle specificaties van een elektronisch onderdeel zitten er in het "echte" leven afwijkingen of toleranties. Als u de stroomversterking van één specifieke transistor meet als 456, dan zult u vaststellen dat vrijwel alle andere exemplaren van dit type een andere stroomversterking hebben.

Interessant is dat u in het venster van figuur 3/8.9.28-6 ook dit kunt simuleren door het instellen van een "Tolerantiemodel". Als u deze optie aanvinkt kunt u van iedere parameter niet alleen de gewenste waarde instellen, maar ook de maximale positieve en negatieve afwijking die op die waarde kan zitten. Bovendien kunt u kiezen tussen een "Uniforme" of een "Gaussiaanse" distributie van de afwijking. Als u dan vijf identieke transistoren naar uw werkblad sleept zul-

len deze alle vijf iets afwijkende specificaties hebben.

### Defecte onderdelen invoeren

Een interessante optie van Edison4 is dat u onderdelen defect kunt maken. In het venster van figuur 3/8.9.28-6 staat de parameter "Fault". U kunt hier bij een transistor selecteren tussen:

- None;
- RB Open;
- RC Open;
- BE Short;
- BC Short;
- CE Short.

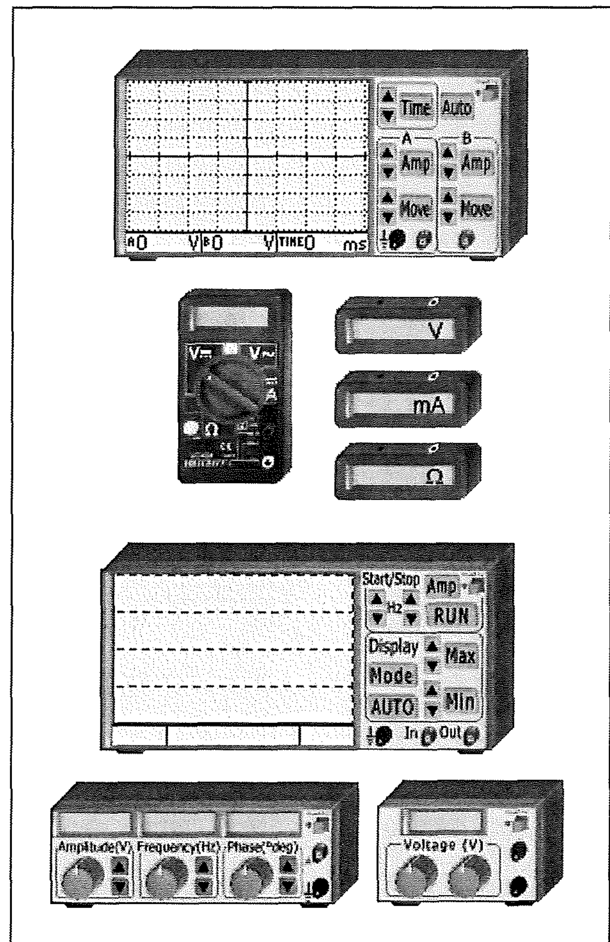
Bij weerstanden en dergelijke onderdelen staan de opties "Open" en "Short" ter beschikking.
Dit is natuurlijk een zeer interessante optie voor het onderwijs. De docent kan een schema invoeren en een of meerdere onderdelen op een specifieke manier defect maken. Nadien is het aan de studenten om door middel van metingen te achterhalen waar het foute onderdeel zit.

### De aanwezige meetapparatuur

Edison4 bevat de volgende meetapparaten, zie figuur 3/8.9.28-7:

- eenvoudige digitale meter voor gelijkspanning;
- eenvoudige digitale meter voor gelijkstroom;
- eenvoudige digitale meter voor weerstand;
- digitale universeelmeter;
- gelijkspanningsvoeding;
- tweekanaals oscilloscoop;
- frequentie-analyser;
- functiegenerator.

De knoppen kunt u bedienen met de muis, de meetresultaten verschijnen onmiddellijk in de display's.

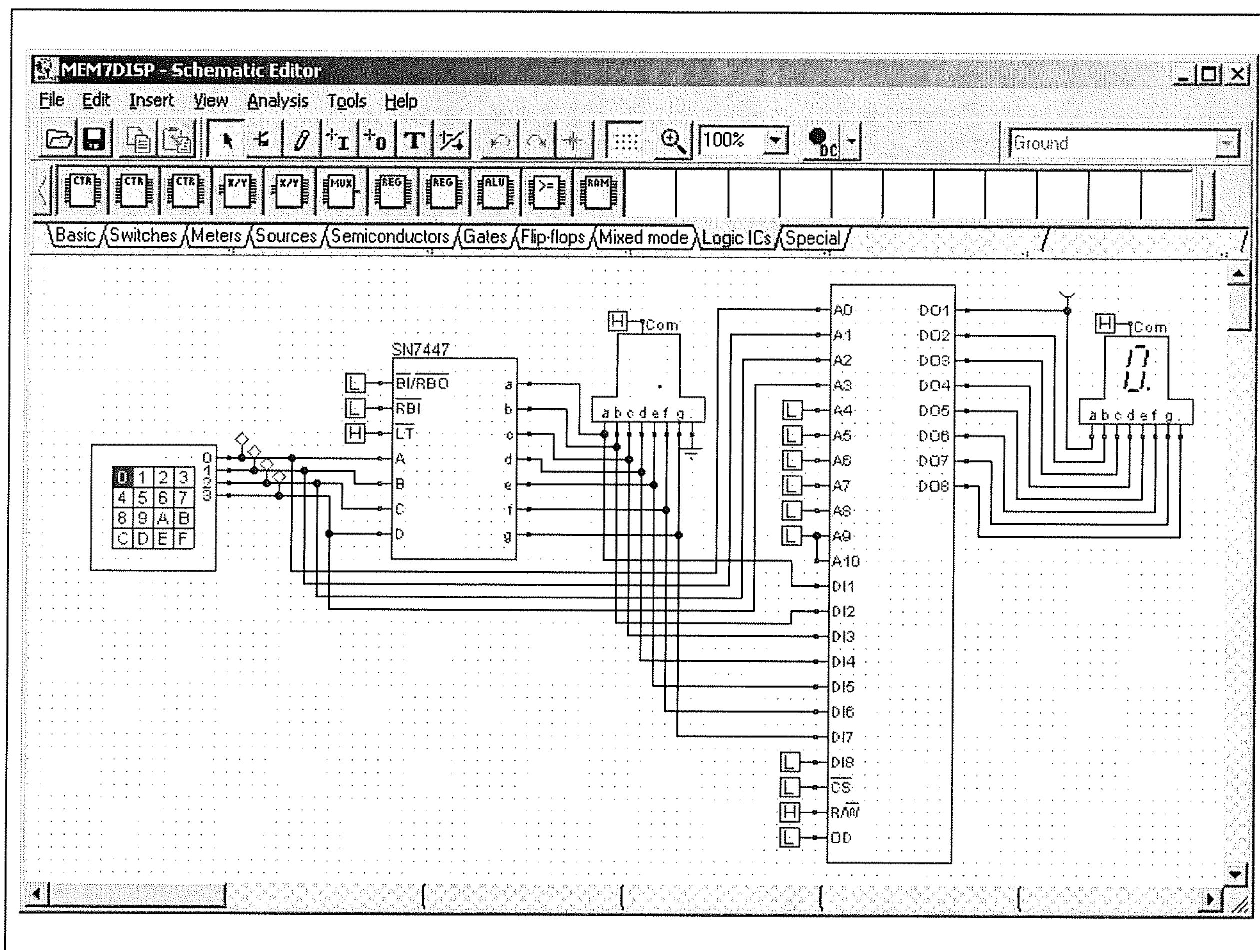



**Figuur 3/8.9.28-7:** Edison4 bevat een volledig meetinstrumentarium.

### De meetapparatuur instellen

Net zoals bij de onderdelen kunt u, door op een meetinstrument te dubbelklikken, de instellingen van het apparaat wijzigen. Ook hier wordt rekening gehouden met "starters" en "gevorderden". Door het dubbelklikken in het venster van het virtueel werkblad kunt u alleen de basisinstellingen van het meetapparaat wijzigen. Doet u hetzelfde in het venster van de "Schematic Analyser", dan kunt u de eigenschappen van het instrument heel gedetailleerd instellen. Als voorbeeld hebben wij in figuur 3/8.9.28-8 het instellingenvenster van de functiegenerator weergegegeven.

## 8.9 Software voor de ontwerper

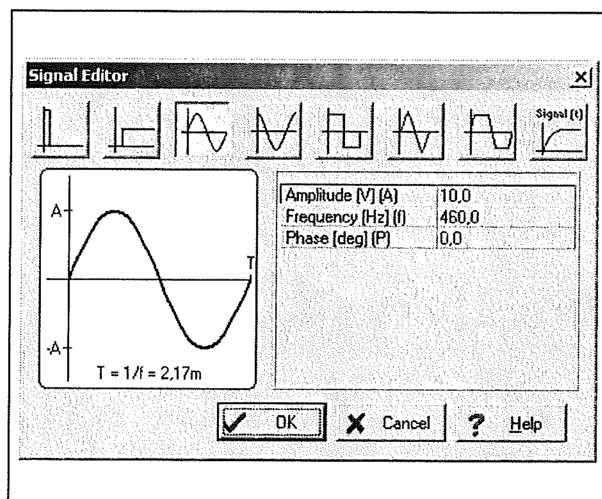



**Figuur 3/8.9.28-9:** Met de "Schematic Editor" kan de gevorderde elektronicus ingewikkelde schema's tekenen, testen en evalueren.

In dit voorbeeld hebben wij gekozen voor een sinusuitgang en dan kunt u de amplitude, frequentie en fase instellen. Kiest u echter voor "General", het voorlaatste symbooltje, dan kunt u van deze puls alle specificaties instellen:

- stijgtijd;
- daaltijd;
- positieve pulsbreedte;
- negatieve pulsbreedte;
- positieve en negatieve amplitude.

De laatste selectie "User Defined" geeft u de mogelijkheid een "Signal= f(t)" formule in te voeren die de variatie van de uitgangsspanning in functie van de tijd beschrijft.




**Figuur 3/8.9.28-8:** Het instellen van de functiegenerator.

**8.9 Software voor de ontwerper**

### De "Schematic Editor"

Edison4 biedt de gevorderde elektronicus de "Schematic Editor". Deze editor, voorgesteld in figuur 3/8.9.28-9, heeft tien onderdelenbibliotheken met in totaal 115 analoge en digitale basisonderdelen. Wij noemen dit "basisonderdelen", omdat bij de meeste onderdelen sub-onderdelen ter beschikking staan. Zo kunt u bij de digitale IC's kiezen tussen de TTL, LS, HC, HCT, S, AS en ALS versies. Bij het basisonderdeel "NPN Bipolar Transistor" kunt u uit niet minder dan 1.061 typenummers kiezen!
Het zal wel duidelijk zijn: met de "Schematic Editor" tekent, evalueert en test u uw ingewikkelder schema's.

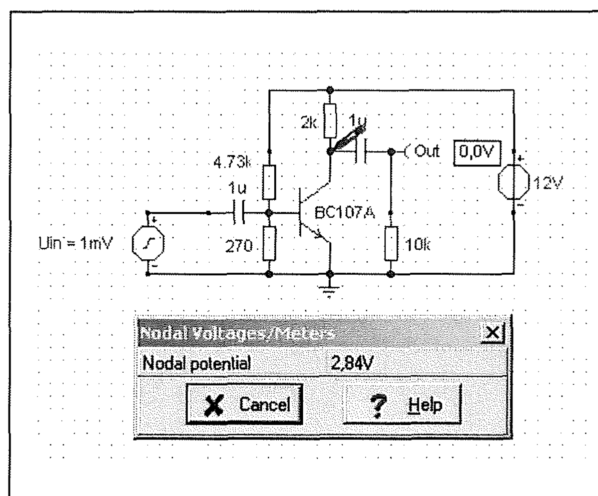
### Analyses

Uiteraard beschikt Edison4 over een hele reeks analyse-werktuigen die u op uw schema's kunt loslaten. Ook hier geldt dat er analyses ter beschikking staan voor de "starter" en er analyses zijn voor de "gevorderden". Een "starter" zal bijvoorbeeld niet veel hebben aan een Bode-plot, omdat een dergelijk begrip nietszeggend is.

### De DC Analyses

Edison4 heeft drie gelijkspanningsanalyses, die u op uw schakeling kunt toepassen:

- DC node spanning:
  Uw cursor wordt, zie figuur 3/8.9.28-10, een meetpen waarmee u de gelijkspanning op alle "nodes" van uw schema kunt meten.
- DC transfer karakteristiek:
  Geeft het verloop van de gelijkspanning op de uitgang in functie van de driehoekvormig verlopende gelijkspanning op de ingang.
- Temperatuur analyse:
  Geeft de gelijkspanning op de uitgang in functie van de omgevingstemperatuur.

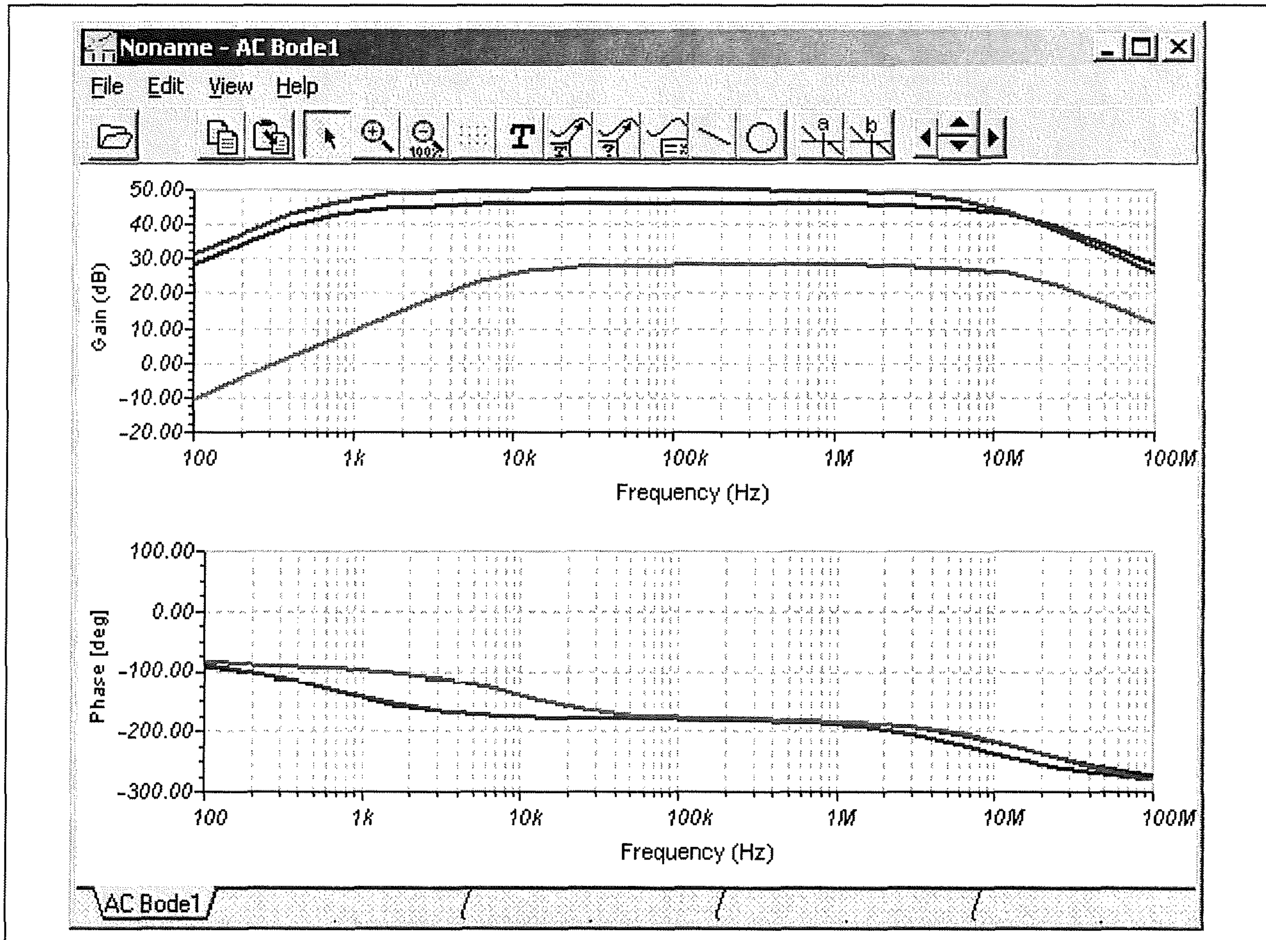



**Figuur 3/8.9.28-10:** De meest eenvoudige analyse is deze "DC Node Voltage", waarmee u de gelijkspanning op alle punten van uw schema kunt meten.

### De AC Analyses

- AC node spanning:
  Uw cursor wordt een meetpen, waarmee u de signaalspanning op alle "nodes" van uw schema kunt meten. U meet nu echter effectieve waarde, amplitude, DC-waarde en fase.
- AC transfer karakteristiek:
  Geeft de amplitude, fase, Bode, Nyquist en groepvertraging karakteristieken tussen een start- en een eindfrequentie.
- AC time functie:
  Geeft het verloop van de signaalspanningen op diverse punten in functie van de tijd.
- AC transiënt analyse:
  Het verloop van de uitgangsspanning in functie van de tijd als respons op een pulsspanning aan de ingang.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.28-11:** Dit Bode-diagram geeft het amplitude- en faseverloop van de uitgangsspanning van een analoge schakeling in functie van de frequentie van het ingangssignaal.

In figuur 3/8.9.28-11 hebben wij als voorbeeld het Bode-diagram van een tweetraps transistorversterker opgemeten. Deze grafiek geeft de versterking (in dB) en het faseverloop weer van de uitgangsspanning van de schakeling in functie van de frequentie van het ingangssignaal. In dit voorbeeld meten wij de spanningen op drie punten (dit kunt u in het schema heel gemakkelijk aangeven) en er worden dan ook drie grafieken in verschillende kleuren getekend.

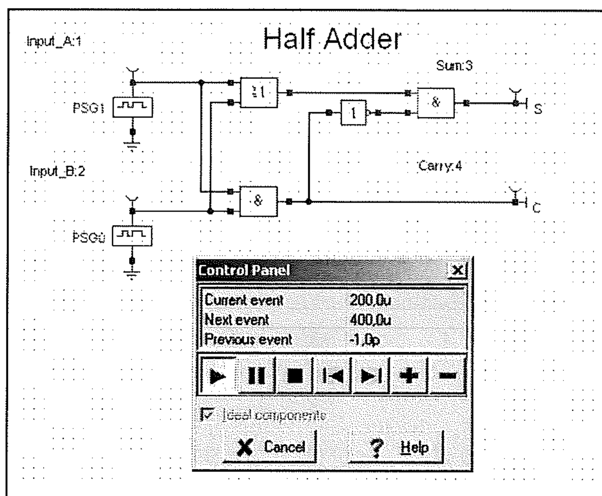
**De digitale step-by-step analyse**

Edison4 heeft een zeer handig hulpmiddel, waarmee u het signaalverloop in digitale schakelingen stap na stap kunt volgen. Met de step-by-step analyse ziet u welke punten van uw digitale schakeling "L" of "H" zijn na iedere tijdstap. U kunt alle stappen van een cyclus automatisch "afspelen" of handmatig alle stappen van de cyclus doorlopen. "L" wordt weergegeven door blauwe vierkantjes, "H" door rode. In figuur 3/8.9.28-12 hebben wij even snel in de "Schematic Editor" een half adder getekend en er deze analyse op toegepast.

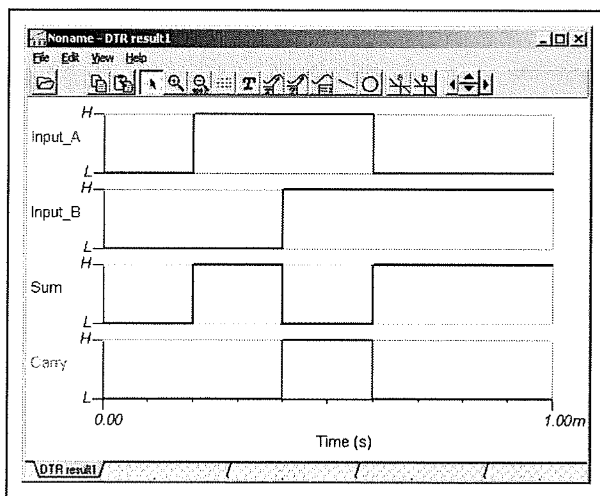
**De digitale timing analyse**

Edison4 heeft uiteraard een meerkanaals logische analyser, waarmee u het

onderlinge signaalverloop in uw digitale schakelingen kunt analyseren.




**Figuur 3/8.9.28-12:** Met de digitale step-by-step analyse kunt u het signaalverloop in digitale schakelingen volgen.




**Figuur 3/8.9.28-13:** Met de digitale timing analyse kunt u de waarheidstabel van een digitale schakeling onder de vorm van een grafiek weergeven.

U zet in de “Schematic Editor” op de gewenste punten een “Voltage Pin”, definieert of dit punt een in- of een uitgang is en wijst er een naam aan toe. Via het menu “Analysis” en de optie “Digital Timing Analysis” krijgt u het plaatje van figuur 3/8.9.28-13 op uw scherm. Uniek is dat u kunt kiezen voor “ideale” of “niet-ideale” componenten. In het laatste geval wordt rekening gehouden met de vertragingen die u bij het configureren van de onderdelen heeft ingesteld. Op deze manier worden “spikes” zichtbaar.

### Macro’s opnemen en afspelen

Een voor het onderwijs zeer nuttige functie van Edison4 is dat u alle handelingen die u in het programma uitvoert kunt opnemen in een macro. Deze macro kunt u nadien weer afspelen en verschijnt als een soort videofilmpje op het scherm. Een zeer interessante optie om saaie elektriciteitslessen wat dynamischer te maken!

### Conclusie

Edison4 is een zeer innovatief programma dat zowel voor het technisch onderwijs en de hobbyist maar ook voor de gevorderde elektronicus heel wat experimenteerplezier in petto heeft!

### Specificaties

- taal: Engels
- handleiding: 54 pagina’s Engels
- medium: CD-ROM
- anti-kopieer beveiliging: USB-stick
- voorbeelden: 20 schema’s, 15 breadboard opstellingen
- fabrikant: DesignSoft Kft., Csengery u. 53, H-1067 Budapest, Hungary

# Installatie

### Systeemeisen

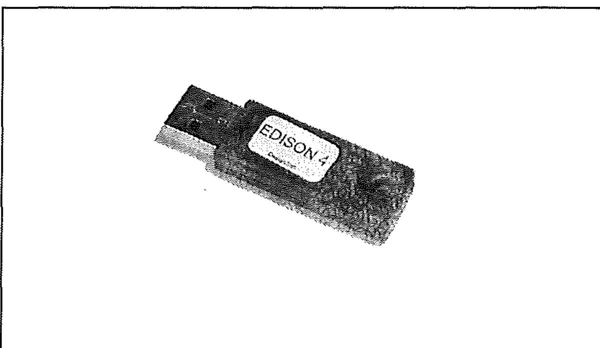
Edison4 stelt minimale eisen aan uw PC:

- Pentium III 500 MHz processor;

- 64 MB RAM;
- 100 MB harde schijf ruimte;
- Windows 98 of hoger;
- 24 bit grafische kaart;
- SoundBlaster compatibele geluidskaart;
- een vrije USB-poort voor de meegeleverde hardware anti-kopieer stick.

## Anti-kopieer beveiliging

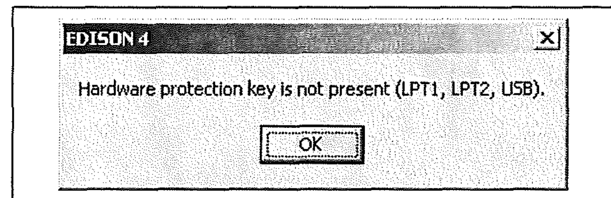
Edison4 is voorzien van een kopieerbeveiliging onder de vorm van een "Sparkey Dongle". Dit kleine apparaatje, zie figuur 3/8.9.28-14, moet u tijdens de installatie van het programma op een bepaald moment in een vrije USB-poort pluggen. De installatieroutine schrijft een unieke code in het geheugen van de dongle en neemt deze code ook op in het programma. Het resultaat zal duidelijk zijn. Als u de specifieke dongle niet in uw PC heeft geplugd kunt u het programma niet opstarten, zie figuur 3/8.9.28-15. Zorg er bovendien voor dat u de dongle steeds in dezelfde USB-connector plugt, anders gaat het ook mis.




**Figuur 3/8.9.28-14:** Met deze kleine USB-dongle wordt het programma beveiligd tegen kopiëren.

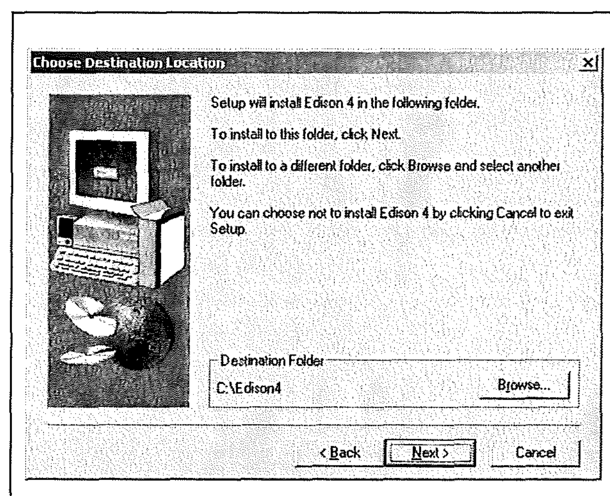
## Installatie

De CD-ROM is zelfstartend en na het gebruikelijke welkomscherm komt u terecht in het venster van figuur 3/8.9.28-16, waarin u de directory moet specificeren waarin u het programma wilt installeren.



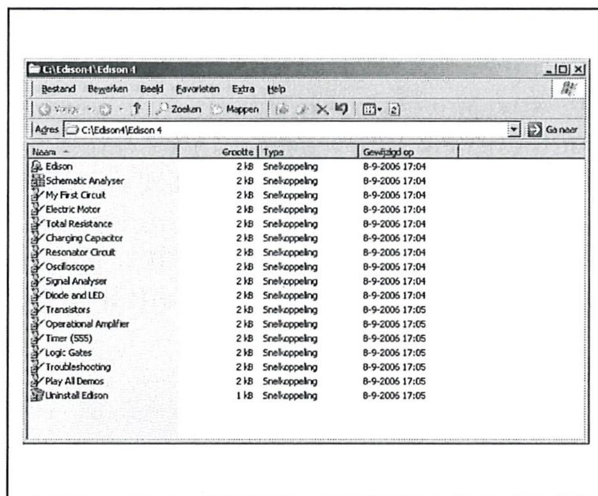

**Figuur 3/8.9.28-15:** Met dit venstertje maakt Edison4 haar ongenoegen duidelijk als de specifieke USB-dongle niet in uw PC wordt aangetroffen.

Na selectie van de programmafolder worden alle bestanden naar uw harde schijf gekopieerd. Vervolgens verschijnt automatisch het venster van figuur 3/8.9.28-17 op uw monitor, waarin alle met het programma meegeleverde macro's staan samengevat. Als u op een van deze macro's klikt, start Edison4 op, maar stelt vast dat er geen dongle aanwezig is en geeft het foutvenstertje van figuur 3/8.9.28-15 weer.

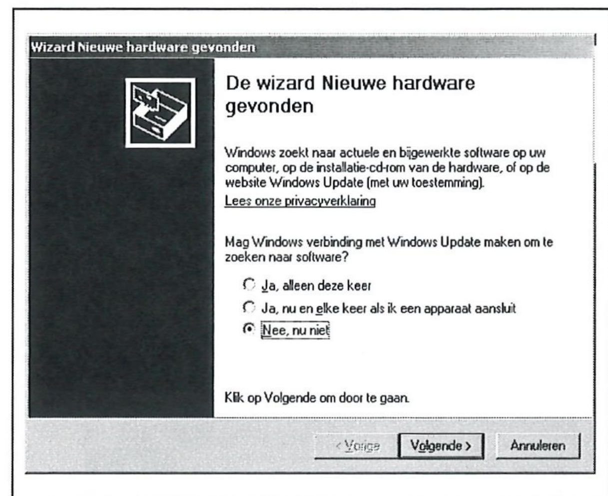



**Figuur 3/8.9.28-16:** Het selecteren van de programma directory.

**8.9 Software voor de ontwerper**



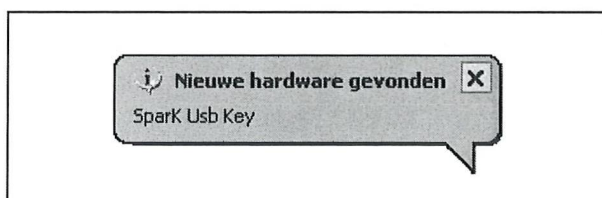
**Figuur 3/8.9.28-17:** Via dit venster kunt u een van de vele demonstratie-demo's opstarten, macro's van eenvoudige experimentjes.




**Figuur 3/8.9.28-19:** Via dit venster wordt de installatie van de USB-driver voor de dongle ingeleid.

## De beveiliging installeren

Plug eerst nu de USB-dongle in een vrije USB-poort. U krijgt nu de bekende melding "Nieuwe hardware gevonden, zie figuur 3/8.9.28-18. In het venster van figuur 3/8.9.28-19 klikt u de optie "Nee, nu niet" aan. Tot slot kiest u in het volgende venster "De software automatisch installeren". Na "Volgende" wordt de USB-driver van de CD-ROM geladen en geïnstalleerd. In de USB-dongle gaat nu een LED'je branden, hét teken dat alles naar wens is verlopen. Klik nu in het venstertje van figuur 3/8.9.28-15 op "OK", het programma wordt afgesloten. Bij het heropstarten is Edison4 klaar voor gebruik.




**Figuur 3/8.9.28-18:** Windows heeft de aanwezigheid van de USB-dongle opgemerkt.

# De macro's afspelen

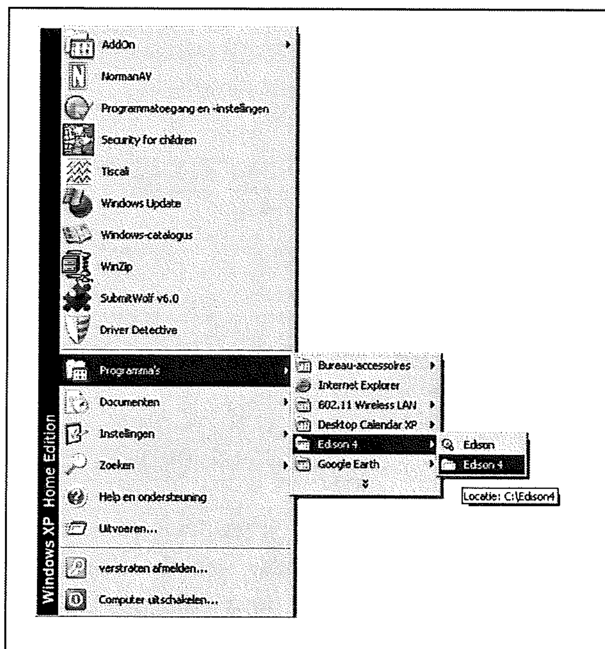
## Opstarten

Ga naar "Menu" in de taakbalk, selecteer "Programma's" en dan "Edison4". Dubbelklik op "Edison4", zie figuur 3/8.9.28-20. U krijgt nu weer het venster van figuur 3/8.9.28-17 in beeld. Via dit venster krijgt u toegang tot de twee programma's van het pakket, namelijk "Edison" en "Schematic Analyser". Verder kunt u via de optie "Uninstall Edison" het programma van uw harde schijf verwijderen. De overige selecties zijn allemaal macro's, die u nu kunt opstarten om aan de hand van de filmpjes enig inzicht te krijgen in de werking van het programma.

## Snelkoppelingen maken

Natuurlijk kunt u vanuit het venster van figuur 3/8.9.28-17 snelkoppelingen naar uw bureaublad maken voor "Edison" en "Schematic Analyser" zodat u de programma's sneller kunt opstarten.

**8.9 Software voor de ontwerper**

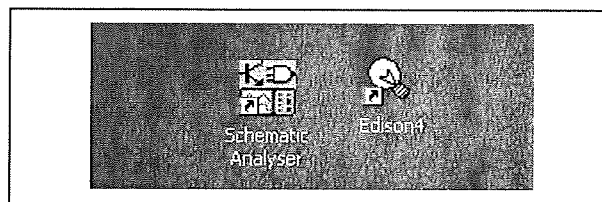



**Figuur 3/8.9.28-20:** Op deze manier start u de twee programma's of de macro's op.

Klik met de rechter muisknop op het pictogram van "Edison" en selecteer de optie "Snelkoppeling maken". In het venster verschijnt een kopie van het pictogram met de naam "Edison (2)". Sleep dit met ingedrukte linker muisknop naar uw bureaublad. Op deze manier kunt u, zie figuur 3/8.9.28-21, de twee programma's vanaf uw bureaublad snel opstarten.

### De macro's afspelen

Het afspelen van de macro's is de beste methode om snel met het programma vertrouwd te raken. Als u een van de macro's uit het venster van figuur 3/8.9.28-17 selecteert ziet u het werkvenster (zie figuur 3/8.9.28-22) van Edison4 op uw monitor verschijnen. In dit voorbeeld hebben wij de macro "Transistors" geopend. Dit filmpje geeft een uitstekende demonstratie van de basiseigenschappen van zowel bipolaire transistoren als FET's. U leert hoe deze onderdelen als versterker werken en ziet de invloed van de stroomversterkingsfactor. U ervaart meteen ook het verschil in werking tussen een bipolaire transistor en een FET. U leert bovendien hoe u meetinstrumenten aan uw schakeling kunt toevoegen en hoe u deze instrumenten instelt en aan het werk zet.



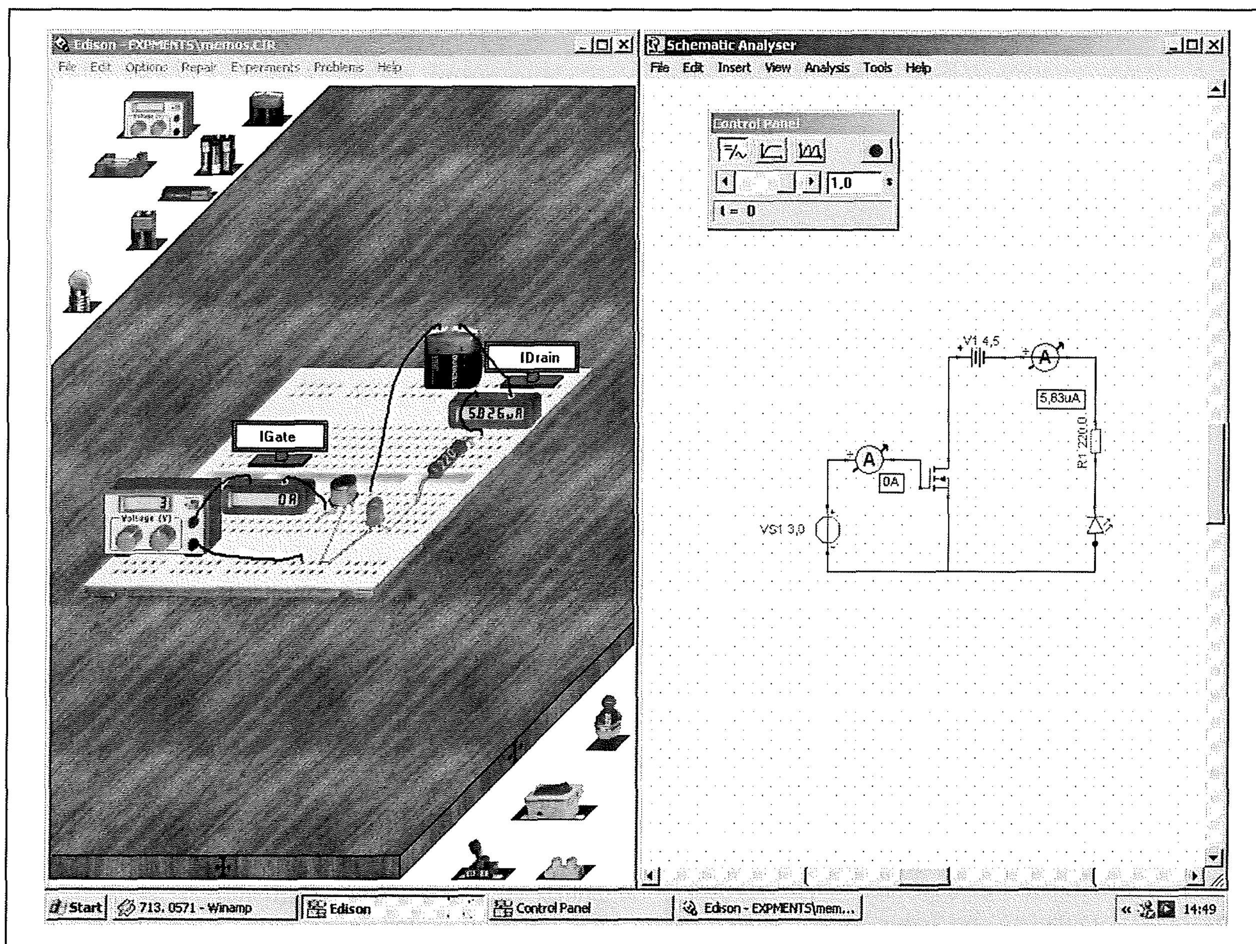

**Figuur 3/8.9.28-21:** Handig, twee snelkoppelingen op uw bureaublad naar de twee programma's van Edison4.

## Snel aan de slag

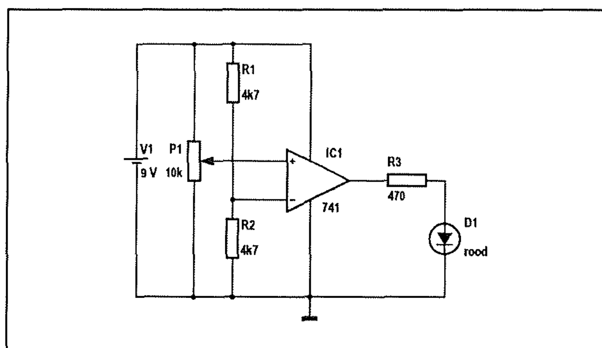
### Een eenvoudig voorbeeldje

Na het bekijken van de macro's heeft u ongetwijfeld al enig inzicht gekregen in de manier waarop Edison4 werkt. We gaan nu echter zélf aan de slag met een heel eenvoudig voorbeeldje. In figuur 3/8.9.28-23 is een operationele versterker getekend, geschakeld als comparator. De inverterende ingang wordt ingesteld op de helft van de voedingsspanning door middel van de spanningsdeler R1-R2, de niet-inverterende ingang is verbonden met de loper van een potentiometer P1. Met dit onderdeel kunt u de spanning op de "+" variëren tussen 0 V en 9 V, de voedingsspanning. Om de spanning op de uitgang van de op-amp te registreren gebruiken wij een LED D1, die natuurlijk via een serieweerstand R3 met de uitgang van de op-amp wordt verbonden.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.28-22:** Aan de hand van de macro's leert u hoe het programma werkt en hoe u met de meetapparatuur moet omgaan.



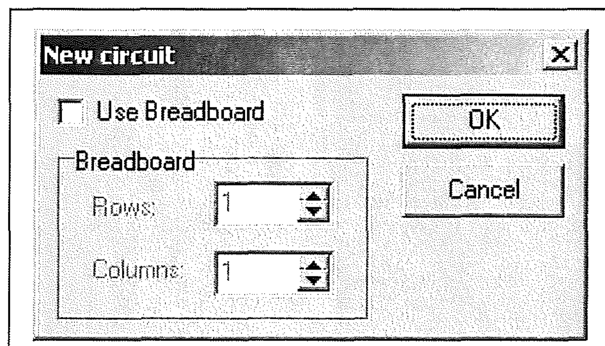

**Figuur 3/8.9.28-23:** Wij gaan dit eenvoudig schemaatje van een comparator opbouwen in Edison4.

Door de potentiometer heen en weer te schuiven kunt u de werking van de comparator observeren. Vergeet niet, in Edison4 gaat een LED echt "branden" als het onderdeel onder spanning komt te staan.

**Een nieuw project starten**

Start Edison4 op, ga naar het menu "File" en klik op "New". In het venstertje van figuur 3/8.9.28-24 kunt u beslissen of u uw schakeling op uw werktafel of op een breadboard wilt opbouwen. Vink "Use Breadboard" aan als u een breadboard wilt gebruiken. U kunt dan het aantal rijen en kolommen waaruit het breadboard moet bestaan invullen. "1 x 1" komt neer op het breadboard dat in fi-

guur 3/8.9.28-2 is voorgesteld. Voor dit eenvoudig schakelingetje gaan we echter geen gebruik maken van een breadboard, dus u zet geen vinkje.




**Figuur 3/8.9.28-24:** In dit venstertje kunt u kiezen voor ontwerpen op uw werktafel of op een breadboard.

Na "OK" verschijnt het reeds bekende venster (zie figuur 3/8.9.28-22) op uw monitor, maar nu natuurlijk leeg.

**Weerstanden naar uw werkblad**
Klik met de linker muisknop op een leeg deel van het bovenste "onderdelenmagazijn". U ziet na iedere klik een set andere onderdelen verschijnen. Klik tot u op de pagina belandt waar de weerstanden en potentiometers staan. Klik met de linker muisknop op de vaste weerstand met kleurcodering en sleep dit onderdeel naar uw werkblad.

**Onderdelen roteren**
Sommige onderdelen kunt u draaien. Dat doet u door, tijdens het verslepen van het onderdeel, op de "Ctrl"-toets te drukken. Op deze manier kunt u de weerstanden R1 en R2 roteren.

**Overige onderdelen plaatsen**
Nadat u de weerstanden op uw werkblad heeft gezet kunt u de overige onderdelen op dezelfde manier plaatsen:

- de schuifpotentiometer;
- de LED;
- de batterij van 9 V;
- de operationele versterker 741;
- een massa-connectieblokje.

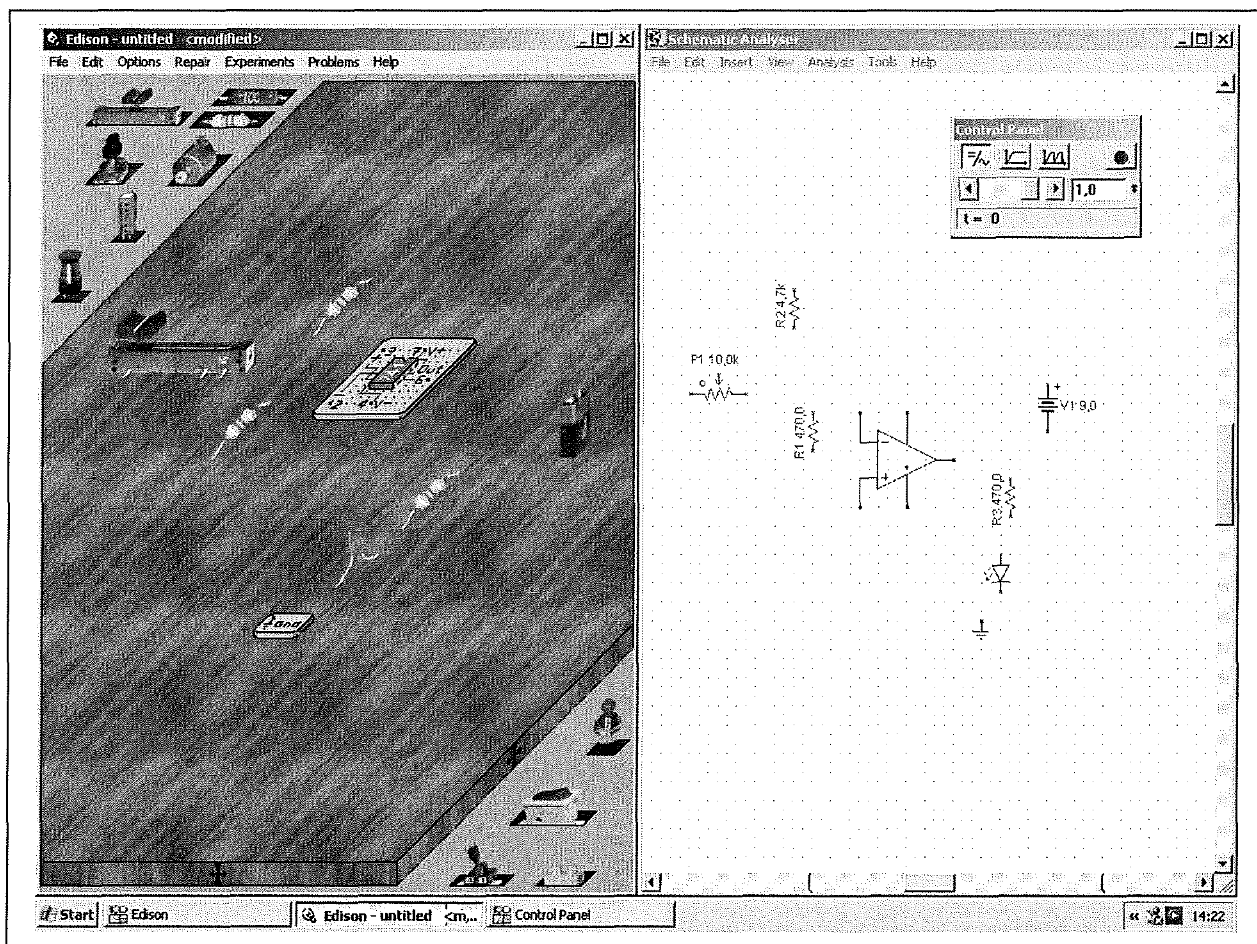
**Eerste stap klaar**
In figuur 3/8.9.28-25 ziet u het resultaat van uw inspanningen: alle onderdelen staan op uw werkblad en wel zodanig geplaatst dat u de bedrading netjes en overzichtelijk kunt uitvoeren. Om een onderdeel te verplaatsen klikt u er met de rechter muisknop op en kiest "Move". U kunt nu het onderdeel met ingedrukte linker muisknop verplaatsen.

**De "Schematic Analyser" fatsoeneren**
Inmiddels heeft Edison4 alle onderdelen ook in het venster van de "Schematic Analyser" geplaatst. Een en ander is echter niet zo netjes en u kunt de onderdelen op een overzichtelijkere manier positioneren door er met de linker muisknop op te klikken en ze naar de gewenste plaats te verslepen. Het verplaatsen van onderdelen in de "Schematic Analyser" heeft overigens geen invloed op de plaats van de onderdelen op uw werkblad.

**De "Shift"-toets**
Sommige onderdelen hebben diverse uitvoeringen. U kunt die selecteren door, tijdens het verplaatsen van het onderdeel, op de "Shift"-toets te drukken. Verplaats als voorbeeld maar eens de 9 V batterij en klik op "Shift". U ziet de drie verschillende versies van de batterij een na een verschijnen.

**Onderdelenwaarde instellen**
Vervolgens moet u de onderdelen de gewenste waarde geven.

**8.9 Software voor de ontwerper**



**Figuur 3/8.9.28-25:** Alle benodigde onderdelen zijn op uw werkblad geplaatst, we kunnen gaan bedraden!

De weerstand heeft "by default" de volgende specificaties:
- tolerantie:
  +/-20 %
- waarde:
  100 Ω
- vermogen:
  50 W

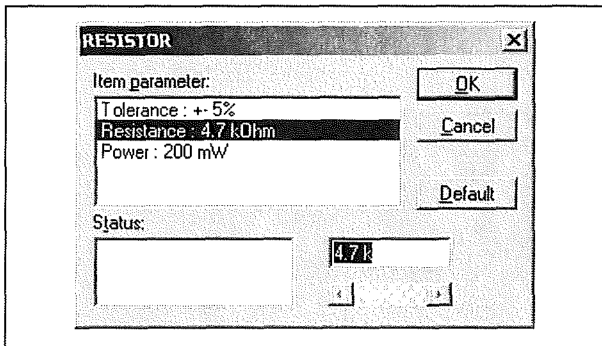
Dat zijn nogal vreemde parameters, die u nu moet veranderen. Dubbelklik op de weerstand R1. In het venster van figuur 3/8.9.28-26 kunt u nu die drie parameters op de door u gewenste waarde instellen:
- tolerantie:
  +/-5 %
- waarde:
  4,7 kΩ
- vermogen:
  0,2 W

Herhaal deze procedure met de drie overige weerstanden. De parameters van de op-amp en de LED kunt u in Edison niet wijzigen, wél in de "Schematic Editor". Van de batterij kunt u de inwendige weerstand instellen, maar die laten wij op nul staan.

**Bedraden**

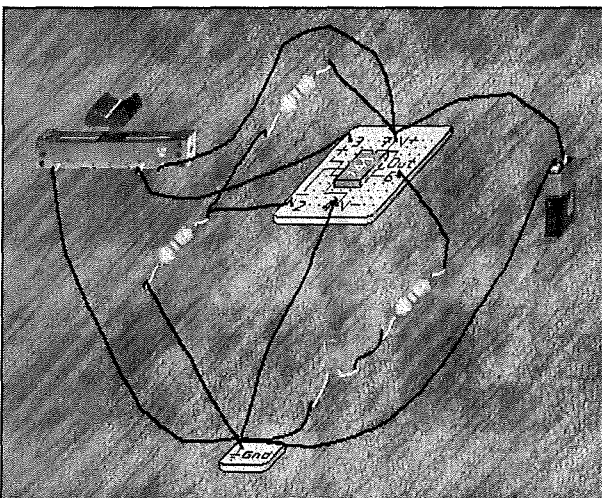
Het bedraden van uw schema gaat al even eenvoudig. Ga met de muis naar het onderste draadje van weerstand R2. Op een bepaald moment ziet u de cursor veranderen in een pennetje in een witte

cirkel. Klik nu op de linker muisknop en ga naar de bovenste draad van weerstand R1.




**Figuur 3/8.9.28-26:** Het instellen van de parameters van de onderdelen.

Op het moment dat u het uiteinde van de draad bereikt laat u de muisknop los. U heeft de verbinding tussen de weerstanden R2 en R1 volbracht! Op deze manier kunt u uw schema snel bedraden. Het eindresultaat is geschetst in figuur 3/8.9.28-27.



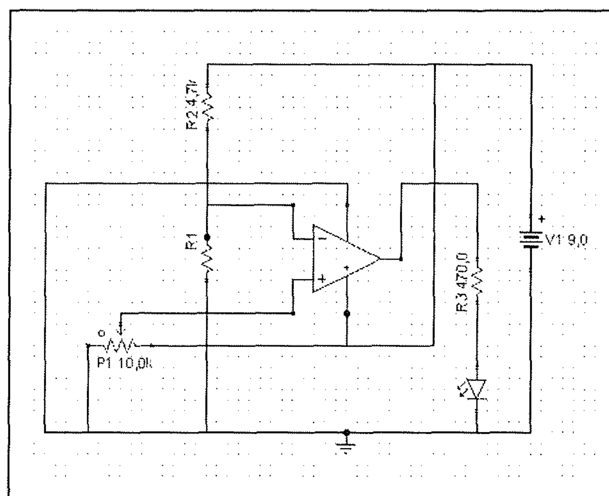
**Figuur 3/8.9.28-27:** Het bedraden van uw schema.

## Bedrading manipuleren

Ga met de muis naar een draad, de cursor verandert in een handje. U kunt nu, met ingedrukte linker muisknop, de draad verplaatsen. Klik één keer met de rechter muisknop op de draad. Er verschijnt een venstertje "Delete". Klik met de linker muisknop om de draad te verwijderen.
Klik dubbel met de linker muisknop op de draad. In het venstertje "Wire" kunt u vervolgens de kleur van de draad selecteren.

## Het schema optimaliseren

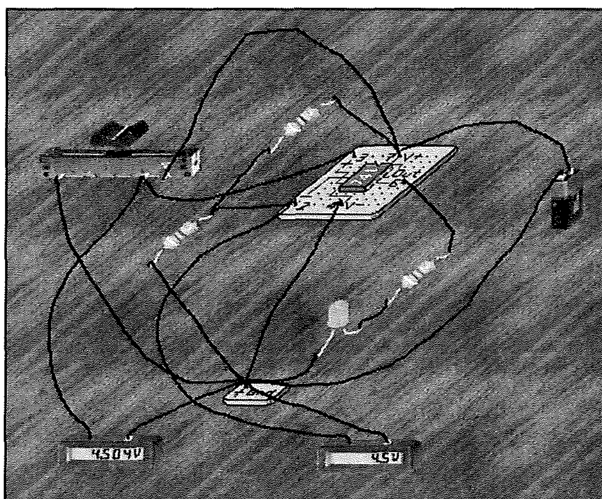
Alle draadjes die u "soldeert" verschijnen ook in het venster van de "Schematic Analyser". Maar ook nu moet u beslist een en ander gaan fatsoeneren. U klikt op een verbinding en ziet "handvaten", kleine zwarte vierkantjes, verschijnen. Door met de muis op deze vierkantjes te gaan staan en dan links te klikken kunt u uw bedrading verplaatsen, korter maken of langer maken. Uiteindelijk krijgt u een schema zoals voorgesteld in figuur 3/8.9.28-28, een schema dat weliswaar niet optimaal is, maar wél het beste is dat Edison4 te bieden heeft. Vergelijk maar eens met het schema van figuur 3/8.9.28-23!




**Figuur 3/8.9.28-28:** Het geoptimaliseerde schema van uw comparatorschakeling.

### De werking van de schakeling onderzoeken

Ga met de muis op de knop van de schuifpotentiometer staan. Druk de linker muisknop in en verschuif de knop naar rechts. Op een bepaald moment, als de knop ongeveer in het midden staat, ziet u dat de LED gaat branden. Op dat moment wordt de spanning op de niet-inverterende ingang groter dan de spanning op de inverterende ingang. De uitgang van de op-amp versterkt dit spanningsverschil tienduizenden malen, met als gevolg dat de uitgang vastloopt tegen de positieve voedingsspanning. Door de serieschakeling van de weerstand R3 en de LED vloeit een stroom, de LED gaat branden.



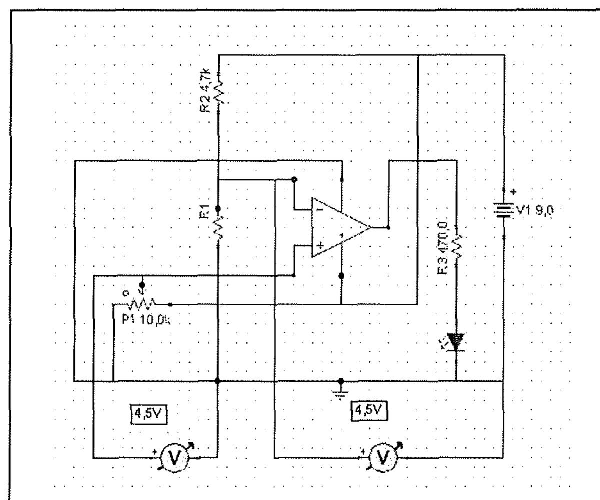
**Figuur 3/8.9.28-29:** Het toevoegen van twee digitale voltmeters die bewijzen dat de uitgang inderdaad omklapt als de spanningen op de twee ingangen van de op-amp aan elkaar gelijk zijn.

### Meetapparatuur toevoegen

U kunt nu uiteraard gaan meten of wat wij stellen wel klopt. Klik met de linker muisknop in het onderste "onderdelenmagazijn" tot u op de pagina met de meetapparatuur komt. Sleep nu twee digitale voltmeters naar uw werkblad en sluit deze aan op de twee ingangen van de op-amp, zie figuur 3/8.9.28-29. De "-" van beide meters gaat uiteraard naar de massa.

### Het schema

Uiteraard kunt u de twee meters ook in het schema van de "Schematic Analyser" een mooi plekje geven, zie figuur 3/8.9.28-30. Ook in het schema worden de door de meetapparatuur gemeten waarden in real-time aangegeven.




**Figuur 3/8.9.28-30:** De twee digitale voltmeters hebben ook in het schema een mooi plekje gevonden.

# Ontwerpen op breadboard

### Inleiding

In principe kunt u op dezelfde manier als reeds beschreven een schakeling op een breadboard opbouwen. Tóch zijn er wat kleine verschillen, die overigens heel handig zijn.

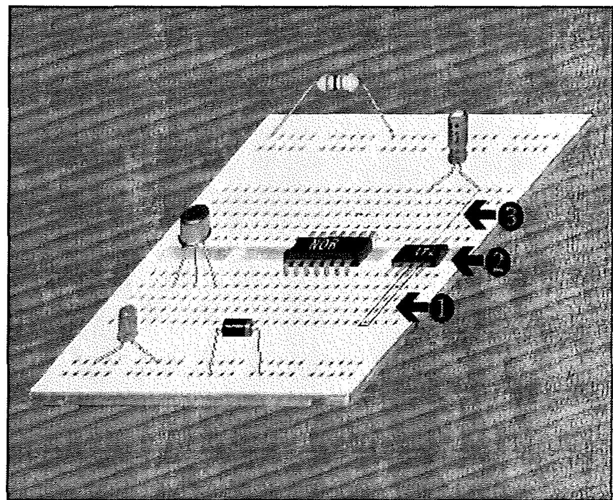
**Plaatsen van componenten**
Als u een weerstand van het "onderdelenmagazijn" naar het breadboard sleept ziet u opeens dat de weerstand langere aansluitdraadjes krijgt. Als u het onderdeel over het breadboard verplaatst wippen de draadjes van gat naar gat. Laat de linker muisknop los op het moment dat het onderdeel op de gewenste plaats staat. U kunt nu echter de aansluitdraadjes van de onderdelen individueel verplaatsen. Ga met de cursor naar de plaats waar de aansluitdraad in het gaatje van het breadboard verdwijnt. U ziet de cursor veranderen in vier kleine pijltjes. Klik nu op de linker muisknop. U kunt nu de aansluitdraad verplaatsen naar een ander gaatje in het breadboard.

**IC's**
Als u een IC van het "onderdelenmagazijn" naar het breadboard sleept verandert de vormgeving dramatisch. In plaats van een enkelvoudige poort wordt het onderdeel opeens als écht IC weergegeven met 8 of 14 aansluitpennetjes, onder de vorm van een platte surface mount behuizing. U plaatst het IC door de linker muisknop los te laten. Als u de cursor verplaatst naar de rechter bovenhoek van een IC ziet u een geel vierkantje verschijnen. Klik met de linker muisknop, het IC krijgt de vorm van een DIL-IC.

**Verborgen verbindingen weergeven**
Ge naar het menu "Options" en klik op de twee opties:
- Hidden circuit connections;
- Hidden breadboard connections.

U ziet nu op het breadboard de verbindingen tussen de onderdelen, die via het breadboard automatisch tot stand zijn gekomen, lichtgrijs weergegeven. Als u met de cursor over het breadboard gaat ziet u de "verborgen" verbindingen op het breadboard rood omkaderd.

**Samenvatting**
In figuur 3/8.9.28-31 hebben wij een samenvatting gegeven van de speciale opties die het programma in petto heeft als u ontwerpt op een breadboard:
- 1: een van de "Hidden breadboard connections";
- 2: een NOR-poort als DIL en een 741 als surface mount;
- 3: een van de "Hidden circuit connections".



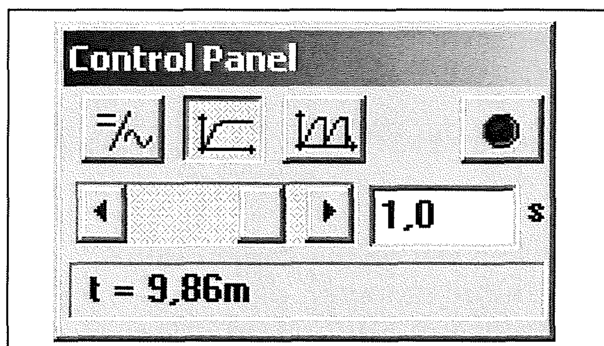

**Figuur 3/8.9.28-31:** Het plaatsen van onderdelen op uw breadboard.

**Bedraden van het breadboard**
Dat gaat op dezelfde manier als bedraden op uw virtuele werktafel. U zet de cursor boven een gaatje, klikt met de linker muisknop, legt de draad naar een tweede gaatje en klikt weer links.

# Het "Control Panel"

**Inleiding**
Als u met Edison4 werkt zal het kleine venstertje van figuur 3/8.9.28-32 u on-

middellijk opvallen. Dit is het "Control Panel" en dit speelt een zeer belangrijke rol bij het simuleren. De instellingen op dit paneeltje bepalen hoe Edison4 met uw schakeling omgaat.




**Figuur 3/8.9.28-32:** Het belangrijke "Control Panel".

U ziet vier knoppen die de volgende betekenis hebben:
- DC/AC modus;
- Single transient modus;
- Continuous transient modus;
- Start/Stop knop.

**DC/AC modus**
In deze modus gaat het programma er van uit dat alle spanningen en stromen ofwel constant zijn, ofwel sinusvormig verlopen. De meetapparaten meten ofwel de gelijkspanning en -stroom, ofwel de effectieve en topwaarden van de sinusvormige spanningen en stromen. In wezen moet u deze modus gebruiken voor schakelingen waar in functie van de tijd geen spanning- of stroomvariaties optreden. Kortom, schakelingen waarin geen condensatoren worden opgeladen of spoelen zich verzetten tegen stroomveranderingen. Edison4 berekent nu alle stabiele spanningen en stromen in de schakeling en u kunt deze grootheden meten met de beschikbare meetapparatuur.

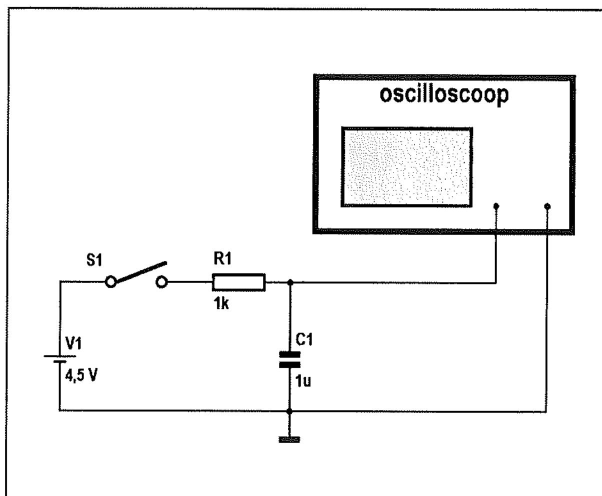
**Single transient modus**
Als u in deze modus op de Start/Stop knop klikt of op gelijk welke schakelaar in het schema voert Edison4 één simulatie uit die start op tijdstip t0 en stopt op de tijd die u in het "Control Panel" heeft ingevoerd. Als u dus een tijd van 10 ms invoert, dan berekent Edison 4 het verloop van alle spanningen en stromen in een tijdsverloop van 10 ms. Let wel dat de simulatie op het scherm steeds wordt vertraagd tot ongeveer één seconde. Wat zich in de realiteit binnen (om bij dit voorbeeld te blijven) een/honderdste van een seconde afspeelt wordt "vertraagd afgespeeld", zodat u het proces goed kunt volgen. Als u in deze modus een oscilloscoop of frequentie-analyser heeft ingevoerd, zullen deze apparaten het berekende spanningsverloop binnen de simulatietijd op hun scherm zetten en niets meer.

**Continuous transient modus**
In deze modus voert Edison4 een continue simulatie uit, de ingestelde tijd is dus niet de stoptijd van de simulatie. Deze tijd bepaalt nu de snelheid van de simulatie, hoe hoger de ingevoerde waarde, hoe sneller de simulatie wordt berekend. U stopt de continue modus door op de "Start/Stop" knop te klikken of door te klikken op de knop "AC/DC".

# Werken met de transiënt modus

**Opladen van een condensator**
Een mooi voorbeeld van het toepassen van de transiënt modus is een demonstratie van de manier waarop een con-

densator oplaadt. Bouw het schema van figuur 3/8.9.28-33 op uw virtuele werktafel, gebruik voor S1 de tuimelschakelaar. Stel de waarde van R1 op 1 kΩ en de waarde van C1 op 1 μF, u weet inmiddels hoe dat gaat.

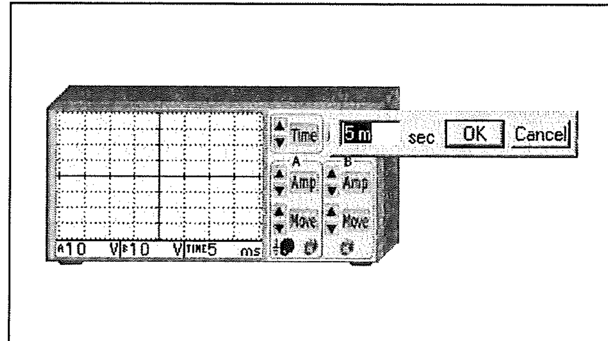



**Figuur 3/8.9.28-33:** Aan de hand van dit eenvoudig voorbeeld gaan we de werking van de transiënt modus bespreken.

## De oscilloscoop

Sleep de oscilloscoop naar uw werktafel. Aan de hand van figuur 3/8.9.28-34 bespreken we dit nuttige instrument. De scope van Edison4 is een volwaardig tweekanaals apparaat met de bekende knoppen:

- Time:
  Stelt de tijdbasis snelheid in.
- Amp A en B:
  Stelt de gevoeligheid van beide kanalen in.
- Move A en B:
  Verplaatst de nul-referentie van beide kanalen over het scherm.
- Auto:
  Stelt alle knoppen op de beste waarde voor het observeren van het aangeboden signaal.

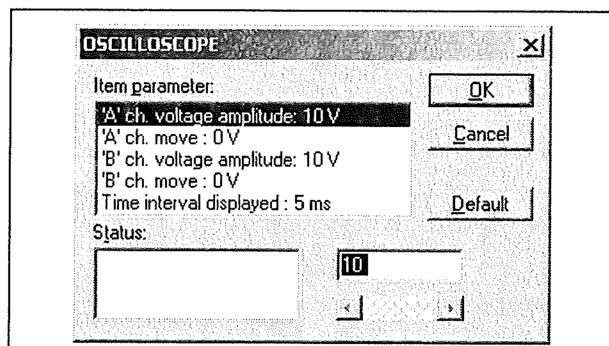



**Figuur 3/8.9.28-34:** De tweekanaals oscilloscoop van Edison4.

## Instellen van de meetapparatuur

U kunt de scope en de overige meetapparatuur van Edison4 op drie manieren instellen:

- Stapsgewijs:
  Klik op de knoppen "▲" en "▼" om de waarde van de parameters te verhogen of te verlagen.
- Via het toetsenbord:
  Klik bijvoorbeeld op de knop "Time". Er verschijnt een venstertje, zie figuur 3/8.9.28-34, waarin u de tijdbasissnelheid kunt invoeren.
- Alles in een keer:
  Verplaats de cursor over de scope. Als de cursor in een vraagteken verandert dubbelklikt u met de linker muisknop. In het venstertje van figuur 3/8.9.28-35 kunt u alle parameters van de scope in een keer instellen.

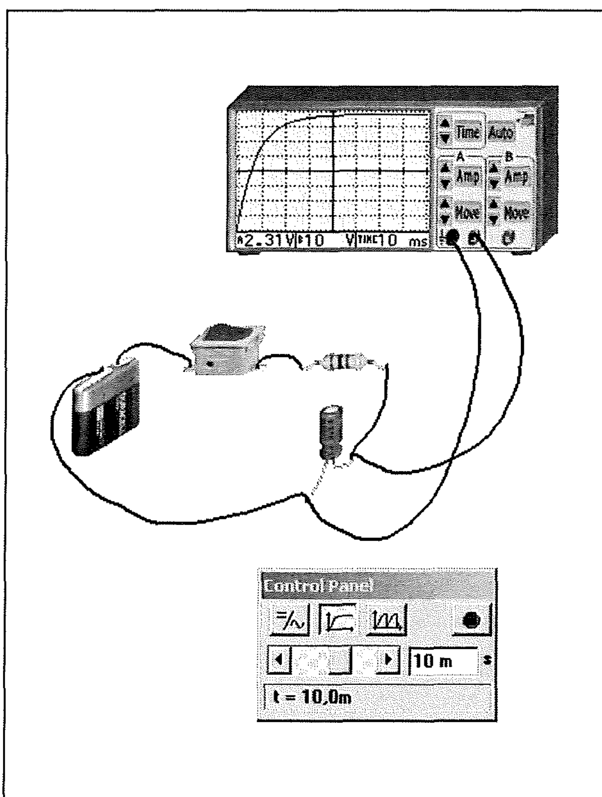



**Figuur 3/8.9.28-35:** Het instellingenvenster voor de oscilloscoop.

**8.9 Software voor de ontwerper**

**Terug naar de ladende condensator**
Stel de oscilloscoop als volgt in:
- Tijdbasis: 10 ms;
- A Amp: 5 V;
- A Move: 0 V.

Stel vervolgens, zie figuur 3/8.9.28-36, het "Control Panel" in op "Single transient mode" met een simulatietijd van 10 ms. Klik nu op de tuimelschakelaar in het schema. De condensator word nu via de weerstand R1 opgeladen uit de 4,5 V batterijspanning. Hoe dit laden verloopt ziet u op het scherm van de scope. De condensatorspanning stijgt in het begin snel, maar de stijging per tijdseenheid wordt steeds kleiner. Na ongeveer 5 ms is de condensator zo goed als volledig opgeladen: de spanning over het onderdeel benadert de batterijspanning.



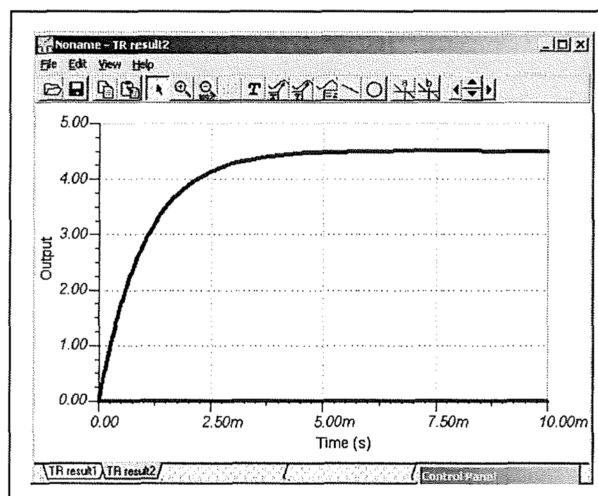

**Figuur 3/8.9.28-36:** Met dit eenvoudige experiment kunt u ontdekken hoe een condensator oplaad.

# Meetresultaten tonen

## Grafieken in detail

Op het scherm van de scope ziet u het verloop van de condensatorspanning in functie van de tijd. Dat grafiekje is uiteraard klein en niet gedetailleerd. Dat kan anders! Beweeg de cursor over de oscilloscoop tot de cursor een vraagteken wordt. Klik nu op de rechter muisknop. Er verschijnt een pop-up venstertje met de opties:
- Diagram;
- Formulas;
- Delete;
- Move.

De eerste optie is het interessantst. Klik met de linker muisknop op "Diagram". Er verschijnt een nieuw venster in beeld, zie figuur 3/8.9.28-37, waarin de meetresultaten op het scherm van de scope nu duidelijk en gedetailleerd worden weergegeven.

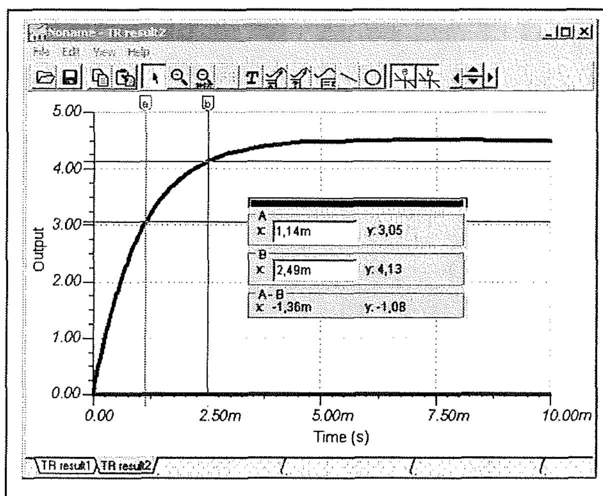



**Figuur 3/8.9.28-37:** De meetresultaten van het scopescherm worden weergegeven in een eigen venster.

Dit venster biedt weer een heleboel interessante mogelijkheden. Als u met de

**8.9 Software voor de ontwerper**

muiscursor over de knoppenbalk glijdt, ziet u de diverse opties. Heel interessant is de mogelijkheid om twee cursoren a en b in beeld te zetten, zie figuur 3/8.9.28-38. Het programma geeft de absolute waarden van x- en y-grootheden op de twee cursorpunten en berekent bovendien de verschillen tussen de waarden van de twee cursorpunten. Op deze manier kunt u Δ-metingen verrichten.



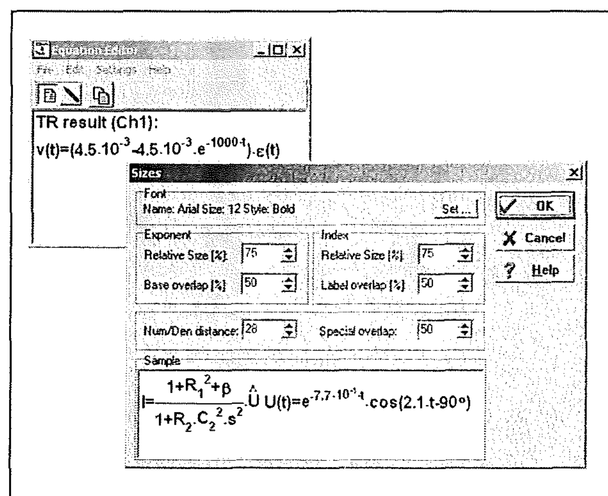

**Figuur 3/8.9.28-38:** Met de twee cursoren kunt u absolute en verschilmetingen uitvoeren in uw grafieken.

Uiteraard kunt u, via het menu "Edit" uw grafiek printen of exporteren naar de grafische formaten BMP en WMF.

## Equation Editor

Edison4 werkt uiteraard intern op een wiskundige manier. Het programma evalueert het door u getekende schema en stelt aan de hand van deze analyse een wiskundige formule op, die bijvoorbeeld het verloop van een spanning geeft in functie van de tijd. Dank zij de "Equation Editor" kunt u deze formule bekijken, aanpassen en exporteren. U kunt de formule ook kopiëren naar het klembord van Windows en via "Paste" in uw favoriete tekstverwerker inplakken. Zoals u weet is het schrijven van wiskundige formules in een tekstverwerker een moeilijke klus. Edison4 maakt het u dus wel erg gemakkelijk!

U krijgt toegang tot deze functie door in het reeds genoemde pop-up venstertje de optie "Formulas" aan te klikken. In het venster "Equation Editor", zie figuur 3/8.9.28-39, verschijnt de wiskundige uitdrukking v(t) = f(t), oftewel het verband tussen de momentele waarde van de gemeten spanning en het tijdsverloop. Via de optie "Settings" kunt u de formule tot in de details editten. U kunt de lettersoort instellen, de relatieve lettergrootte van exponenten en indexen en de baseshift voor exponenten en indexen. In het venster "Sample" ziet u onmiddellijk hoe uw instellingen de presentatie van de formule beïnvloeden. Via het menu "File" kunt u de formule exporteren als BMP-, WMF- of MathCad-bestand.




**Figuur 3/8.9.28-39:** Met deze "Equation Editor" kunt u de wiskundige formules opsporen, editten en exporteren naar andere programma's.

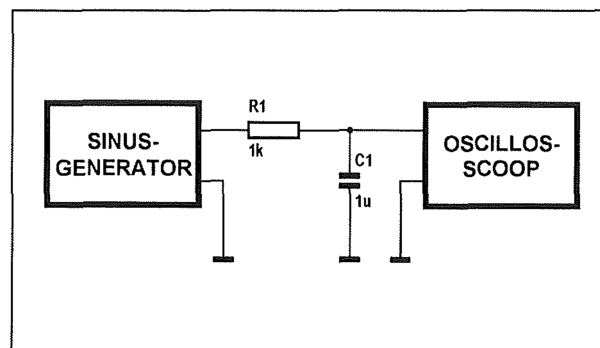
# Werken met de frequentie-analyser

## Inleiding

Een frequentie-analyser zult u niet in uw laboratorium hebben, daar zijn dergelijke apparaten te duur voor. Een frequentie-analyser bevat een sinusgenerator en een soort van oscilloscoop. De sinusgenerator levert geen constante frequentie, maar scant een bepaald frequentiebereik, bijvoorbeeld van 10 Hz tot 20 kHz. Dit signaal verschijnt op de uitgang van de analyser. De ingang van het apparaat sluit u aan over een onderdeel. In de analyser zit een gelijkrichter en een logaritmische omvormer die het gemeten signaal omzet in een dB-waarde. Op het scherm verschijnt de grootte van deze gemeten dB-spanning in functie van de frequentie van het signaal dat de frequentie-analyser levert. Kortom: met een dergelijk apparaat kunt u razendsnel de amplitude/frequentie-karakteristiek van een schakeling opmeten! In de échte wereld zijn dergelijke apparaten peperduur, maar de frequentie-analyser van Edison4 staat gratis ter uwer beschikking.

## Een laagdoorlaat filter

Een RC-kring, zoals voorgesteld in figuur 3/8.9.28-40, vormt een laagdoorlaat filter. Dat komt omdat de condensator natuurlijk geen constante impedantie heeft, maar een impedantie die kleiner wordt naarmate de frequentie van het signaal stijgt. De weerstand en de condensator vormen een spanningsdeler. Over de condensator komt steeds minder spanning te staan naarmate de frequentie stijgt. Een dergelijk filter is een ideale basis voor het demonstreren van de werking van de frequentie-analyser.




**Figuur 3/8.9.28-40:** Een RC-kring vormt een laagdoorlaat filter.

## De schakeling in de Edison4 praktijk

Bouw het schema op volgens figuur 3/8.9.28-41. Zet de waarde van de componenten op 1 kΩ en 1 µF. Op de reeds bekende manier krijgt u het venster “Signal Analyzer” in beeld, waarin u de parameters van het meetinstrument kunt instellen:

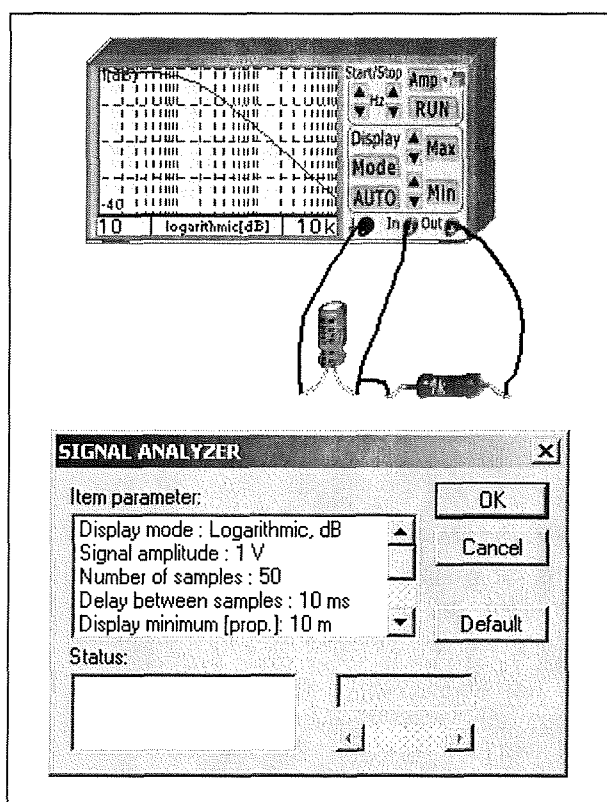
- Display mode: Logarithmic, dB
- Signal Amplitude: 1 V
- Number of samples: 50
- Delay between samples: 50
- Display minimum: 10 m
- Display maximum: 1.12
- Start frequency: 10 Hz
- Stop frequency: 10 kHz

Als u vervolgens op de knop “RUN” klikt, verschijnt de amplitude/frequentie-karakteristiek van de schakeling onmiddellijk op het scherm van het meetapparaat.

## Grafieken en formules

Natuurlijk kunt u, net zoals bij de scope, ook nu de grafiek in een eigen venster aanschouwen en de transferformule van de schakeling bewonderen. In figuur 3/8.9.28-42 hebben wij de amplitu-

de/frequentie-karakteristiek van het RC-filtertje van figuur 3/8.9.28-41 in een venster gezet. U ziet dat de frequentie-analyser de verticale as keurig ijkt in dB en de horizontale as een logaritmische schaalindeling geeft.

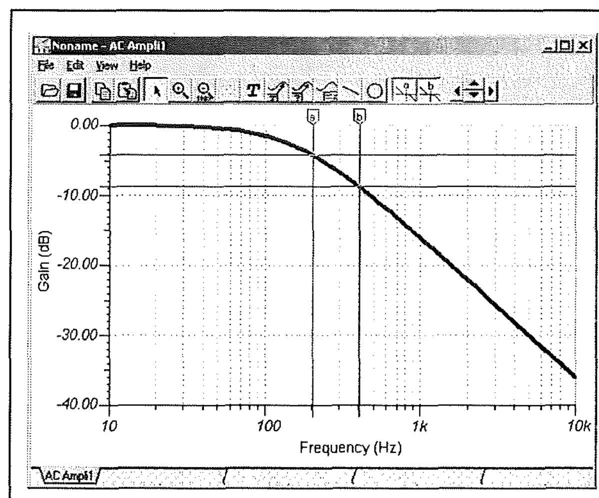



Figuur 3/8.9.28-41: Het gebruik van de frequentie-analyser bij het opmeten van de weergavekarakteristiek van een RC-filtertje.

# Schoolborden

## Inleiding

Het zal duidelijk zijn dat de bedenkers van Edison4 de educatieve waarde van hun programma hoog inschatten. Als u de macro's heeft doorlopen, dan zult u bij diverse experimenten reeds de "schoolborden" met Engelse teksten hebben opgemerkt, die nog eens extra bijdragen aan dat educatieve karakter. U kunt u eigen schakelingen op een heel eenvoudige manier voorzien van dit soort geschreven "hints".




Figuur 3/8.9.28-42: De amplitude/frequentiegrafiek van de schakeling van figuur 3/8.9.28-41.

## Een schoolbord toevoegen

Ga naar het menu "Edit" en selecteer "Select shelf". De standaard onderdelen, links boven in beeld, worden nu vervangen door vier "schoolborden" met diverse afmetingen. Deze kunt u, net zoals alle componenten, naar uw werktafel slepen. Dubbelklik met de linker muisknop op het bord en in een extra venster, zie figuur 3/8.9.28-43, kunt u nu de tekst invoegen die u op het "schoolbord" wilt zetten. Op dezelfde manier kunt u de tekst die al aanwezig is op een bord editten.

# Een macro maken

## Inleiding

Edison4 is een educatief programma en een van de krachtigste hulpmiddelen daarbij is het maken van macro's. Een

**8.9 Software voor de ontwerper**

macro registreert alles dat u in het programma doet en maakt er en soort tekenfilmpje van dat u nadien kunt afspelen. U kunt bovendien aan zo'n macro zogenaamde "hints" toevoegen, tekstballonnen die de aandacht vestigen op een bepaalde actie die u uitvoert.




**Figuur 3/8.9.28-43:** Het toevoegen van tekstborden aan uw schakeling.

## Een nieuwe macro maken

Ga naar het menu "Edit" en kies "New". U start nu met een lege werktafel. Ga weer naar het menu "Edit", selecteer "Macro" en dan "Record".

Ontwerp nu uw demonstratie, dus sleep onderdelen naar uw werktafel, maak verbindingen en voeg meetapparatuur toe. Demonstreer nadien de werking van de schakeling door op knoppen te klikken of aan de knoppen van de meetapparatuur te draaien.

## De macro saven

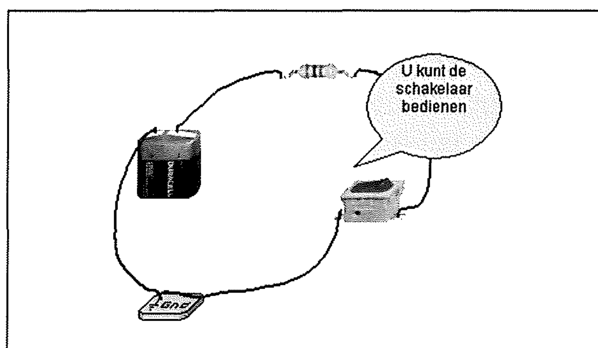
Klaar? Ga dan naar het "Edit" menu, optie "Macro" en selecteer "Save as". Uw macro wordt nu opgeslagen met de extensie .MAC.

## Tekstballonnen toevoegen

Open een zuivere ASCII tekstverwerker, zoals "Kladblok" en schrijf hierin de teksten die u in de teksballonnen wilt plaatsen. Iedere tekst start op een nieuwe regel, witregels zijn niet toegestaan. Klaar? Bewaar dan deze tekstfile in dezelfde directory waarin u uw macro heeft opgeslagen en geef er dezelfde naam aan, maar met de extensie .MTX.

## Hints invoegen

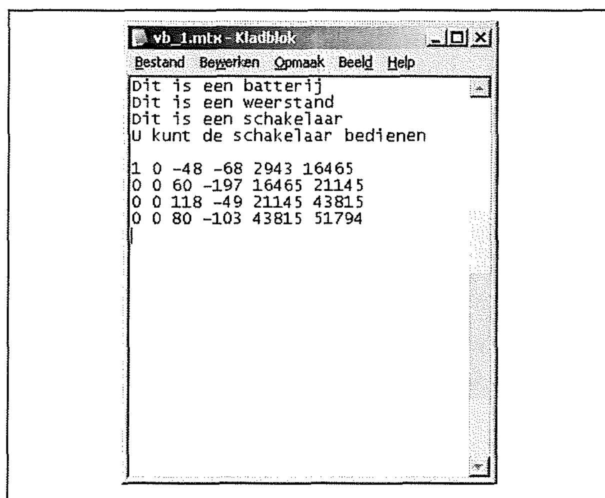
Ga weer via "Edit" naar "Macro" en selecteer "Modify hints". Uw macro wordt nu afgespeeld. Op het moment dat u de eerste hint wilt invoegen verplaatst u de cursor naar de plaats waar u de hint wilt hebben en drukt op de linker muisknop, zie figuur 3/8.9.28-44. Op het moment dat de tekstballon moet verdwijnen van het scherm klikt u op de rechter muisknop. Ga zo verder tot alle tekstballonnen op de juiste plaats en op het juiste moment zijn ingevoegd. Als de macro is afgespeeld bewaart u hem weer via "Edit", "Macro" en "Save".




**Figuur 3/8.9.28-44:** Het invoegen van "hints" aan uw macro.

### Het .MTX bestand

Als u uw macro tekstbestand weer opent ziet u (figuur 3/8.9.28-45) dat Edison4 uw zuiver tekstbestand heeft aangevuld met een aantal regels, waarin de plaats en het moment van verschijnen en verdwijnen van iedere hint wordt gedefinieerd.




**Figuur 3/8.9.28-45:** Het door Edison4 automatisch aangepast tekstbestand van uw hints.

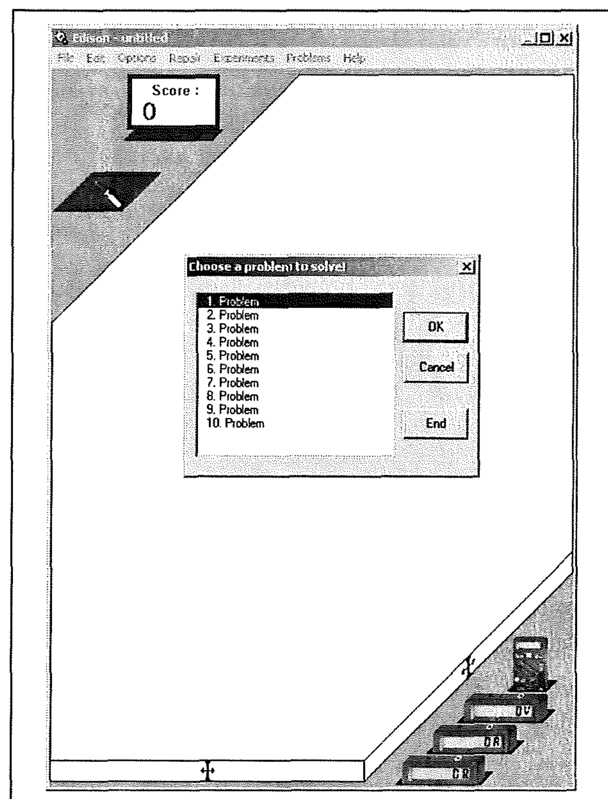
# Problemen oplossen

### Leuke kennistests

Edison4 wordt geleverd met een aantal voorbeelden van "Problems". Dat zijn schakelingen waar bewust een fout in is aangebracht of schakelingen waarover vragen worden gesteld. Via een scorelijst wordt bijgehouden hoeveel vragen goed of fout worden beantwoord.

### Een "Problem" openen.

Open het menu "Problems". U kunt kiezen uit 14 voorbeelden, open als voorbeeld "VOLTGEN.PRB". U ziet een leeg werkblad met links boven een scorebord en een grote schroevendraaier. Met deze schroevendraaier kunt u defecte onderdelen repareren. Open nu weer het menu "Problems". U krijgt een lijstje met tien problemen, zie figuur 3/8.9.28-46, die u moet oplossen.




**Figuur 3/8.9.28-46:** Bij het probleem "VOLTGEN.PRB" moet u tien vragen beantwoorden.

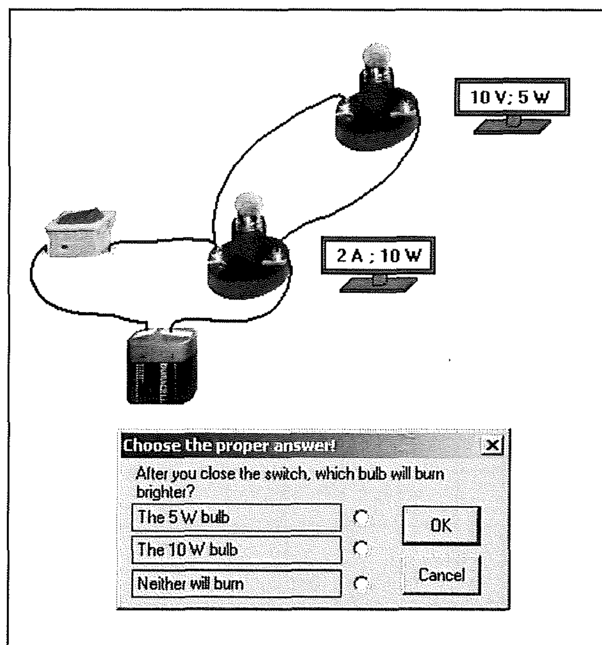
### De vragen beantwoorden

Deze "Problems" zijn, zie figuur 3/8.9.28-47, vrij simpel. Bij dit "Problem" moet u kiezen welke lamp het felst zal branden, de lamp van 5 W of de lamp van 10 W.

### Conclusie

De "Problems" zijn handige hulpmiddelen voor het testen van de basiskennis van iemand die nét de basisprincipes van de elektriciteit en de elektronica begint te ontdekken.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.28-47:** Een van de vragen die in het "Problem" "VOLTGEN.PRB" worden gesteld.

**Zélf "Problems" ontwerpen**

Het unieke van Edison4 is dat u zélf dergelijke "Problems" kunt ontwerpen. Het gaat te ver om de procedure hier tot in de details te beschrijven, in de "Help" van het programma staat een duidelijke Engelse stap-na-stap beschrijving. In het kort komt het op het volgende neer:

- maak voor ieder probleem uit de set een schakeling (.CIR file);
- schrijf een source file voor de set (.SRP file);
- compileer dit bestand met het programma "PROBLEMS.EXE" tot een .PRB file.

U schrijft de source file met een zuivere ASCII tekstverwerker, zoals "Kladblok". Het samenstellen van een venstertje zoals voorgesteld in figuur 3/8.9.28-47 is een fluitje van een cent. In figuur 3/8.9.28-48 hebben wij een voorbeeld gegevens van de code die u moet invoeren om een venstertje als dat van figuur 3/8.9.28-47 te ontwerpen.

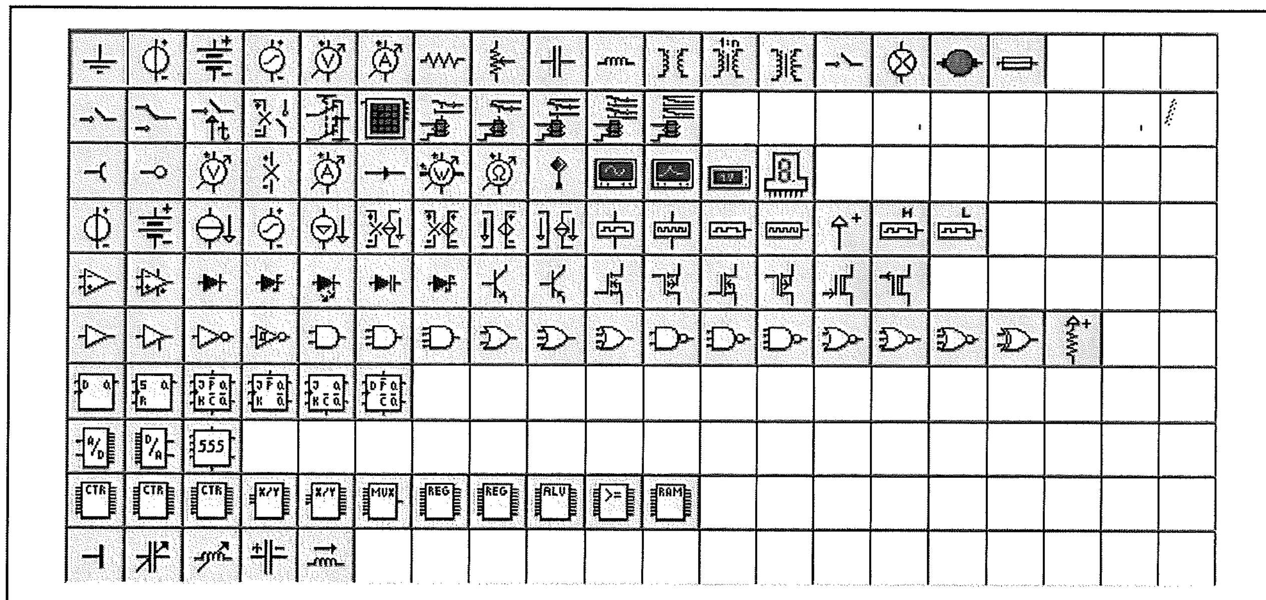
De commando's heeft u zó onder de knie:

- .D (Definition):
  De naam van het probleem.
- .L (Load):
  De naam van en het pad naar het .CIR bestand van de schakeling.
- .Q (Question):
  De vraag die in het venstertje verschijnt.
- .G (Good):
  Het goede antwoord uit de lijst .A.
- .A (Answer):

```
.D Voltgen^2
.L problems\p200.cir
.Q Welke^lamp^gaat^feller^branden^als^u^de^schakelaar^sluit?
.G 2
.A de^5^W^lamp
.A de^10^W^lamp
.A geen^van^beide^gaat^branden
.C 25
..
```

**Figuur 3/8.9.28-48:** Een voorbeeld van de code die u moet schrijven voor het ontwerpen van de vensters van de "Problems".

**8.9 Software voor de ontwerper**



**Figuur 3/8.9.28-49:** De in de "Schematic Editor" beschikbare componenten.

Drie mogelijke antwoorden waaruit de student moet kiezen.
- .C (Score):
  Het aantal punten dat de student verdient met een goed antwoord.
- ..
  Einde van de vensterdefinitie.

Let er op dat in het .SRP bestand géén spaties mogen voorkomen, spaties moet u invoeren door het teken "^" tussen de woorden te zetten.

# De Schematic Editor

### Inleiding

De reeds in figuur 3/8.9.28-9 voorgestelde "Schematic Editor" is het professionele tekenpakket in de Edison4 bundel. U kunt er niet alleen uitgebreide schakelingen mee tekenen, maar u kunt nadien een uitgebreid aantal analyses op uw schema loslaten. In de directory "EXAMPLES" vindt u 19 voorbeeldschema's die u via het "File" menu en de optie "Open" kunt bekijken.

De verschillen tussen het tekenen in de "Schematic Analyser" en in de "Schematic Editor" zijn groot.

### Meer componenten

De componenten in de "Schematic Editor" zitten in tien tab's:
- Basic;
- Switches;
- Meters;
- Sources;
- Semiconductors;
- Gates;
- Flip-flops;
- Mixed mode;
- Logic IC's;
- Specials.

In figuur 3/8.9.28-49 hebben wij de inhoud van deze tien tab's samengevat.

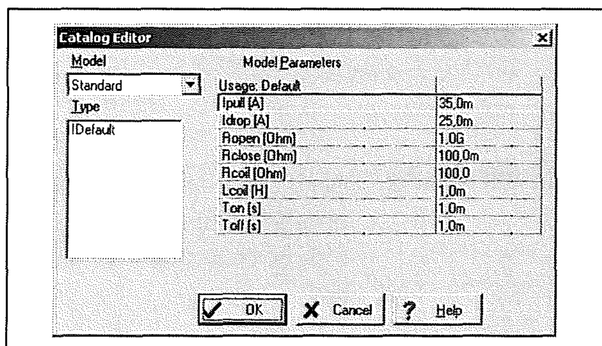
### Meer parameters instellen

In figuur 3/8.9.28-6 hebben wij al een voorbeeld gegeven van de overvloed aan parameters die u bij de onderdelen kunt definiëren. Dat plaatje geeft het parametervenster weer voor een transistor. Maar

**8.9 Software voor de ontwerper**

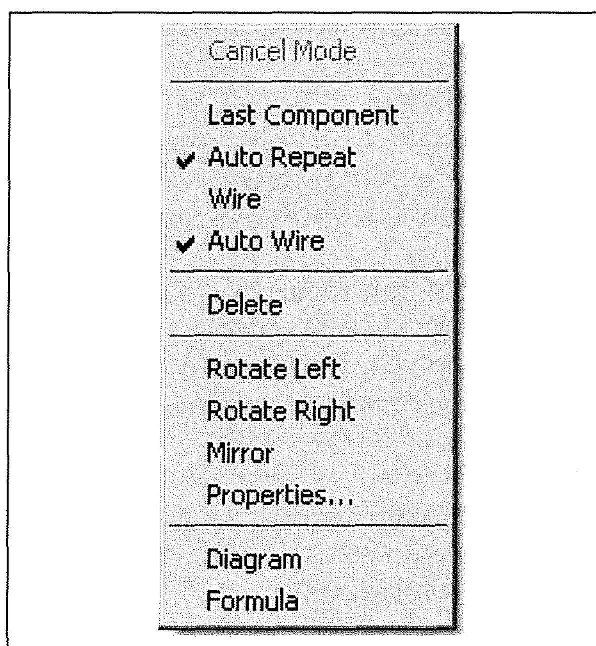
in feite geldt dit voor alle onderdelen en meetapparaten die u in de "Schematic Editor" ter beschikking heeft.
Als voorbeeld geven wij u in figuur 3/8.9.28-50 het "Catalog Editor" venstertje voor een relais met enkelvoudige omschakelaar. U kunt instellen:

- $I_{pull}$:
  De stroom waarbij het relais inschakelt.
- $I_{drop}$:
  De stroom waarbij het relais uitschakelt.
- $R_{open}$:
  De contactweerstand in open toestand.
- $R_{close}$:
  De contactweerstand in gesloten toestand.
- $R_{coil}$:
  De ohmse weerstand van de relaisspoel.
- $L_{coil}$:
  De inductantie van de relaisspoel.
- $T_{on}$:
  De inschakelvertraging van de schakelaar.
- $T_{off}$:
  De uitschakelvertraging van de schakelaar.




**Figuur 3/8.9.28-50:** In de "Schematic Editor" kunt u vrijwel alle denkbare parameters van de onderdelen zélf definiëren.

**Onderdelen manipuleren**
U plaatst de onderdelen op uw tekenvel door er met de linker muisknop op te klikken, het onderdeel naar het tekenvel te slepen en dan weer links te klikken. Klikt u met de rechter muisknop op een onderdeel, dan verschijnt het pop-up venstertje van figuur 3/8.9.28-51.




**Figuur 3/8.9.28-51:** Het pop-up venstertje dat verschijnt na klikken met de rechter muisknop op een onderdeel.

- Last Component:
  Het onderdeel wordt geselecteerd en u kunt het verplaatsen.
- Auto Repeat:
  Als u via "Copy" en "Paste" een kopie maakt van het onderdeel, worden de parameters overgenomen.
- Wire:
  U schakelt over naar de bedradingsmodus.
- Auto Wire:
  Als u deze optie aanklikt, worden alle verbindingen die u legt "rubber ban-

ding": als u een onderdeel verplaatst worden de verbindingen naar en van dit onderdeel automatisch mee verplaatst.

- Delete:
  Het onderdeel wordt verwijderd.
- Rotate en Mirror:
  Het onderdeel wordt gedraaid of gespiegeld, dit laatste is uiteraard belangrijk voor bijvoorbeeld transistoren.
- Properties:
  Opent het "Catalog Editor" venster van figuur 3/8.9.28-50, waarin u alle parameters kunt definiëren.
- Diagram:
  Alleen beschikbaar bij meetinstrumenten die een beeldscherm hebben, opent een extra venster waarin de meetgegevens vergroot worden weergegeven.
- Formula:
  Geeft de transferfunctie van de schakeling onder de vorm van een wiskundige uitdrukking.

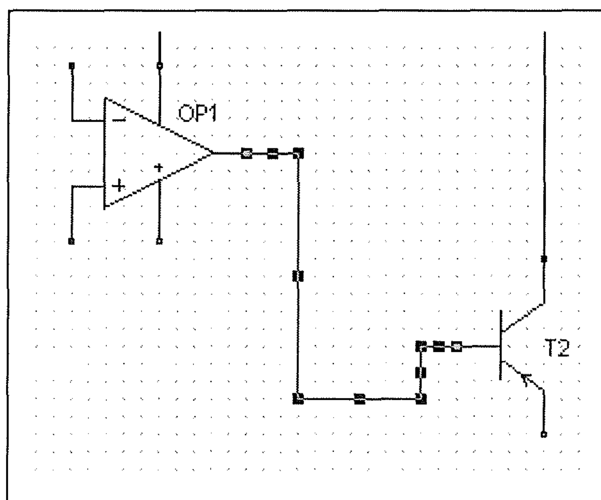
## Eenheden invoeren

In het venstertje van figuur 3/8.9.28-50 moet u vaak numerieke waarden invoeren. U kunt hierbij de standaard afkortingen toepassen die in de elektronica gebruikelijk zijn. Met andere woorden, u hoeft niet "1000" in te voeren, het programma begrijpt de invoer "1k" net zo goed. Een overzicht van de afkortingen die Edison4 herkent:

- p = pico = $10^{-12}$
- n = nano = $10^{-9}$
- u = micro = $10^{-6}$
- m = milli = $10^{-3}$
- k = kilo = $10^{3}$
- M = mega = $10^{6}$
- G = giga = $10^{9}$
- T = tera = $10^{12}$

## Uw schema bedraden

Ga via het venster van figuur 3/8.9.28-51 naar "Wire", de cursor verandert in een pen. Ga naar het punt waar de verbinding start ***(altijd een klein bolletje bij de aansluiting van een onderdeel)*** en druk op de linker muisknop. Trek de verbinding met ingedrukte muisknop tot het eindpunt en laat dan de muisknop los. Edison4 kan alleen verticale en horizontale verbindingen maken, het gevolg is dat uw verbindingen soms overbodige hoeken maken. Geen probleem, klik één maal op de verbinding. De verbinding wordt rood en wordt voorzien van een aantal "handles", kleine vierkantjes zoals voorgesteld in figuur 3/8.9.28-52. U kunt deze met ingedrukte linker muisknop verplaatsen en op deze manier overbodige hoeken uit uw verbindingen verwijderen.

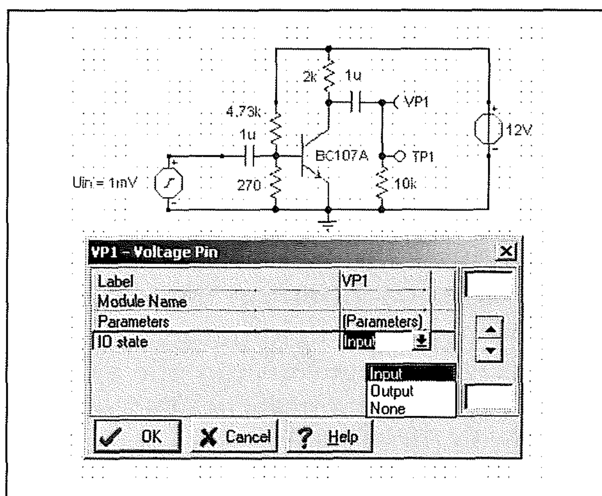



**Figuur 3/8.9.28-52:** Als u met de linker muisknop op een verbinding klikt, kunt u deze verplaatsen en inkorten.

## In- en uitgangen

Sommige analyses eisen dat u uw schema van in- en uitgangen voorziet. Alle signaalbronnen zijn standaard ingesteld als

"INPUT". Dat ziet u als "Properties" selecteert in het venster van figuur 3/8.9.28-51 en naar de parameter "IO state" scrolt.
Om de uitgang vast te leggen gaat u naar de onderdelengroep "Meters" en selecteert "Voltage Pin". Sleep deze pen naar de plaats in uw schema waar u de uitgang wilt hebben. Via rechts klikken selecteert u "Properties" (zie figuur 3/8.9.28-51). Zet de "IO state" (zie figuur 3/8.9.28-53) op "Output".
In de meeste schema's kunt u meerdere uitgangen vastleggen.




**Figuur 3/8.9.28-53:** Het invoegen van een "Voltage Pin" als uitgang van uw schakeling.

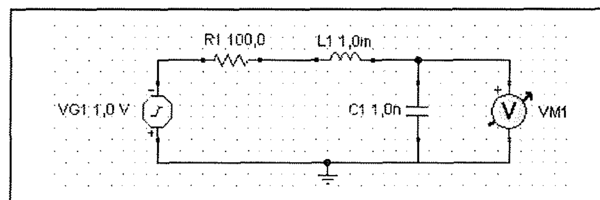
# Een analoog voorbeeld

## Inleiding

Als voorbeeld van het analoog werken met de "Schematic Editor" zullen wij het schema van een RLC-filter samenstellen en nadien analyseren. Het volledige schema dat u moet tekenen is voorgesteld in figuur 3/8.9.28-54.
Het schema bestaat uit de volgende onderdelen:

- Sources - Voltage Generator;
- Basic - Resistor;
- Basic - Capacitor;
- Basic - Inductor;
- Meters - Volt meter;
- Basic - Ground.

Zet deze onderdelen op een logische plaats en maak nadien de onderlinge verbindingen op de beschreven manier. Let op de polariteit van de generator! De "+" moet boven, u moet het onderdeel dus twee keer draaien.



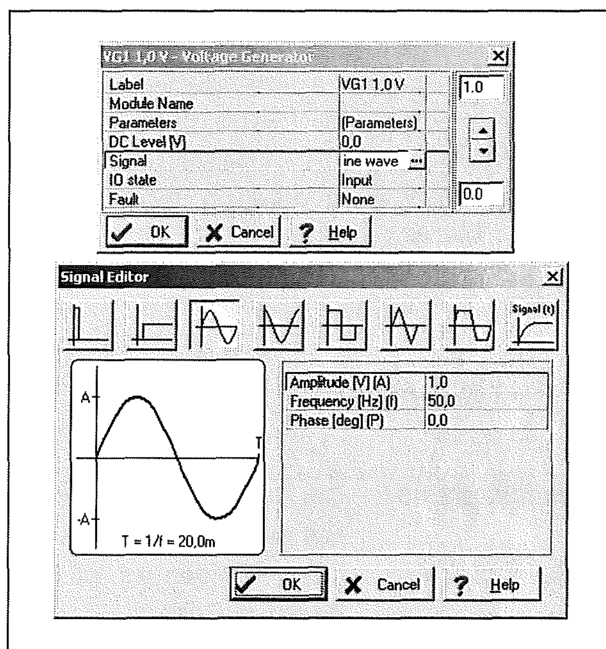

**Figuur 3/8.9.28-54:** Om u analoog te leren werken met de "Schematic Editor" ontwerpen wij dit eenvoudig RLC-filter.

## De "Voltage Generator" instellen

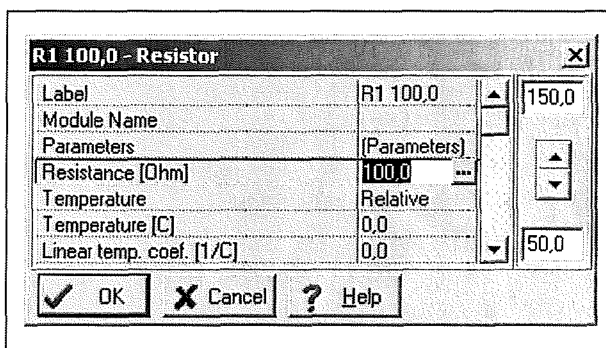
Klik met de rechter muisknop op de generator en selecteer "Properties". In het venster van figuur 3/8.9.28-55 kunt u vervolgens alle parameters van de generator instellen:

- Label:
  Hier kunt u aan de generator een unieke naam toekennen.
- DC level:
  Definieert de gelijkspanning op de uitgang van de generator, die stelt u op 0 V.
- Signal:
  Klikken op deze optie levert het onderste venster van figuur 3/8.9.28-55 op, waarin u de signaalvorm, de amplitude, de frequentie en de fase kunt instellen. In dit geval kiezen we voor sinus, 1,0 V, 50 Hz en 0,0 °.
- IO state:

De generator is uiteraard een "Input" onderdeel.
- Fault:
U wilt natuurlijk geen defecte generator, dus klikt u "None" aan.




Figuur 3/8.9.28-55: Het instellen van de parameters van de "Voltage Generator".



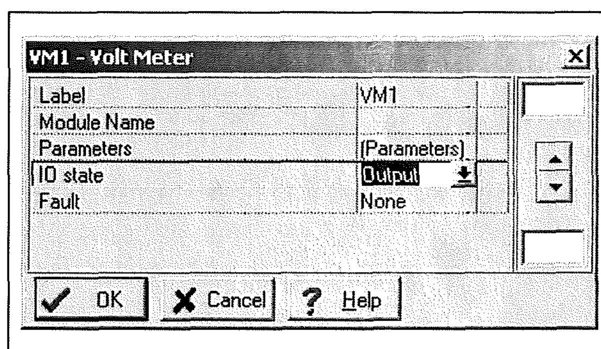

Figuur 3/8.9.28-56: Het vastleggen van de waarde van de drie onderdelen.

## R1, L1 en C1 definiëren

Op dezelfde manier kunt u de waarden van de drie passieve componenten vastleggen, zie figuur 3/8.9.28-56. De overige parameters zijn interessant om mee te experimenteren, maar die laten wij op dit moment ongewijzigd.

## De meter definiëren

Tot slot stelt u de parameters van de meter in, zie figuur 3/8.9.28-57. U moet de "IO state" instellen op "Output".




Figuur 3/8.9.28-57: Het instellen van de parameters van de meter.

## Analyse

U kunt nu de diverse analyse-algoritmen die in Edison4 zitten op uw schakeling toepassen. In de inleiding hebben wij al een overzicht gegevens van alle analyses die ter beschikking staan. DC-analyses hebben in dit geval niet erg veel zin, zodat u via het menu "Analysis" bij de optie "AC Analysis" terecht komt.

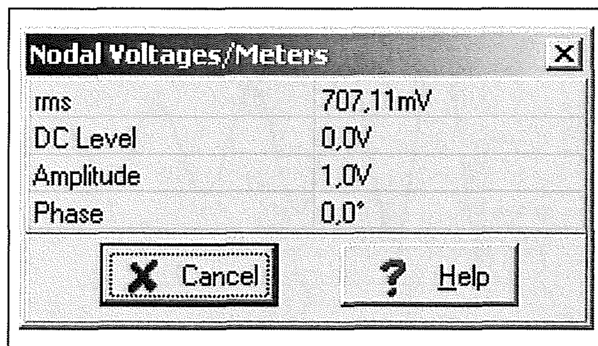
## Calculate nodal voltages

Met deze analyse kunt u de signaalspanning op de diverse punten van uw schakeling meten. Zoals uit het venster van figuur 3/8.9.28-58 blijkt, meet de meter niet alleen de amplitude van het signaal, maar ook de effectieve waarde (rms), het gelijkspanningsniveau en de fase.

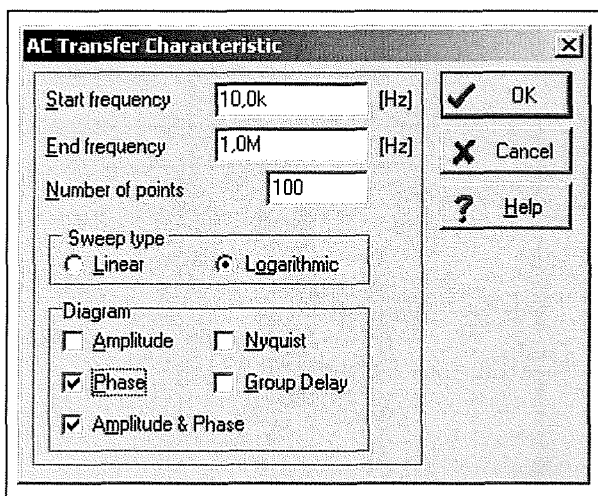
## AC Transfer Characteristic

Een veel nuttigere analyse is de "AC Transfer Characteristic". Deze geeft de frequentie/amplitude-karakteristiek van uw schakeling. In het venster van figuur

3/8.9.28-59 kunt u de parameters van deze analyse instellen.



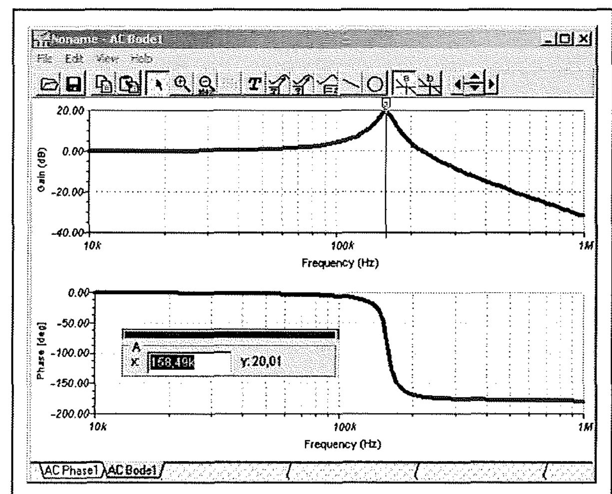

**Figuur 3/8.9.28-58:** Het venstertje van de "Calculate Nodal Voltages".




**Figuur 3/8.9.28-59:** Het instellen van de parameters van de "AC Transfer Characteristics".

- Start frequency:
  De laagste frequentie van de analyse, stel deze waarde in dit voorbeeld in op 10 kHz.
- End frequency:
  De hoogste waarde van de analyse, stel deze in op 1 MHz.
- Number of points:
  Het aantal discrete frequenties die in de gekozen frequentieband wordt onderzocht, hoe hoger deze waarde hoe gedetailleerder de analyse.
- Sweep type:
  In de meeste gevallen kiest u voor "Logaritmic", wij zijn nu eenmaal gewend frequentie-assen logaritmisch in te delen.
- Diagram:
  U kunt hier vier verschillende grafieken instellen, in dit geval in een Bodediagram, de combinatie van amplitude en fase, het interessantste.

Het resultaat van de analyse is weergegeven in figuur 3/8.9.28-60. U kunt "Cursor a" instellen op de resonantiepiek en stelt dan vast dat deze piek 20 dB groot is en ligt bij 158,49 kHz.

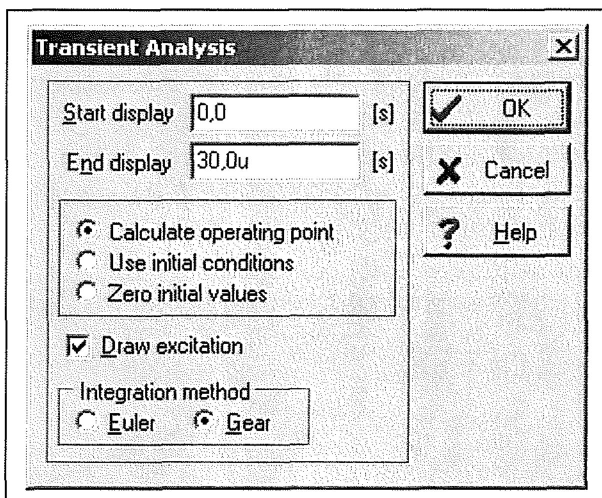



**Figuur 3/8.9.28-60:** Het Bode-diagram geeft het amplitude- en faseverloop in functie van de frequentie van het ingangssignaal.

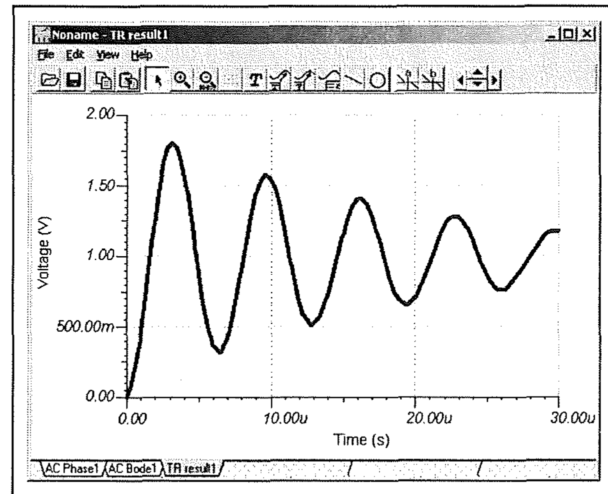
### Transient Analysis

De transiënt analyse geeft het verloop van de uitgangsspanning als u op de ingang een eenmalige spanningssprong aanlegt. Om een dergelijke analyse te kunnen uitvoeren moet u de generator op de ingang instellen op "Unit Step" in plaats van "Sine Wave". Dat doet u natuurlijk in het venster van figuur 3/8.9.28-55. Ga nadien via het menu

"Analysis" naar de optie "Transient". In het venster van figuur 3/8.9.28-61 kunt u de tijdsas instellen ("Start display" en "End display"). Stel deze parameters in op 0 s en 30 µs. Klik op "OK", Edison4 berekent nu de transiënt response van uw schakeling en zet deze in het venster van figuur 3/8.9.28-62.




**Figuur 3/8.9.28-61:** Het instellen van de parameters van een transiënt analyse.




**Figuur 3/8.9.28-62:** De resultaten van de transiënt analyse.

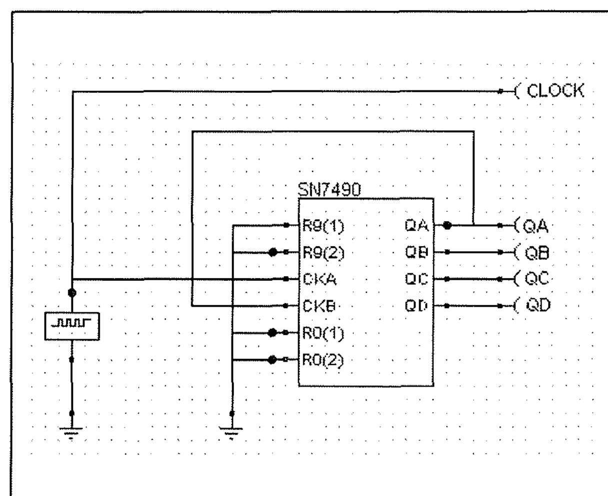
# Een digitaal voorbeeld

## De 7490 tienteller

Als voorbeeld van het digitaal werken met de "Schematic Editor" behandelen wij de eenvoudige schakeling van figuur 3/8.9.28-63: een ordinaire tienteller van het type 7490 die wordt aangestuurd door een clock-generator. U heeft de volgende onderdelen nodig:

- Sources - Clock;
- Logic IC's - 7490;
- Meters - Voltage Pin (5x);
- Basic - Ground (2x).

Stel de frequentie van de Clock in op 1 kHz en geef de vijf Voltage Pins logische namen.




**Figuur 3/8.9.28-63:** Aan de hand van dit eenvoudig voorbeeld leggen wij u uit hoe u digitale schakelingen kunt analyseren.

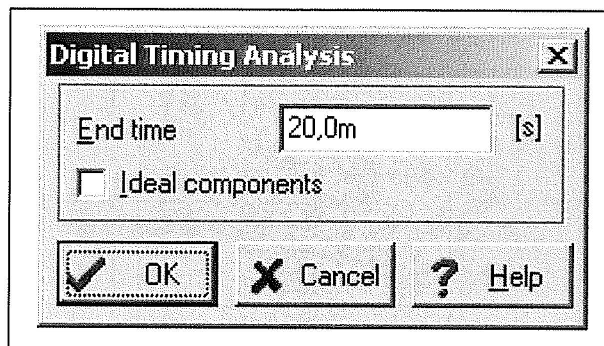
## Digital Analysis, Step-by-Step

Deze handige analyse, waarmee u het verloop van de logische niveaus in uw schakeling kunt volgen, hebben wij al toegelicht aan de hand van figuur 3/8.9.28-12.

## Digital Timing Analysis

Met deze analyse krijgt u inzicht in de onderlinge tijdsrelatie tussen de signa-

len die op al uw Voltage Pins verschijnen. In het venstertje van figuur 3/8.9.28-64 stelt u de "End time" in op 20 ms.




**Figuur 3/8.9.28-64:** Het instellen van de tijdsas van de "Digital Timing Analysis".

Het resultaat van deze analyse ziet u in figuur 3/8.9.28-65: twintig perioden van de clock en het resultaat op de vier uitgangen van de tienteller.

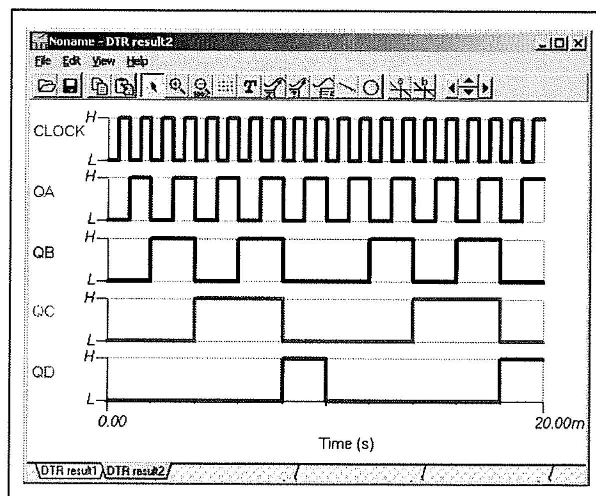
# Interactieve modus

## Inleiding

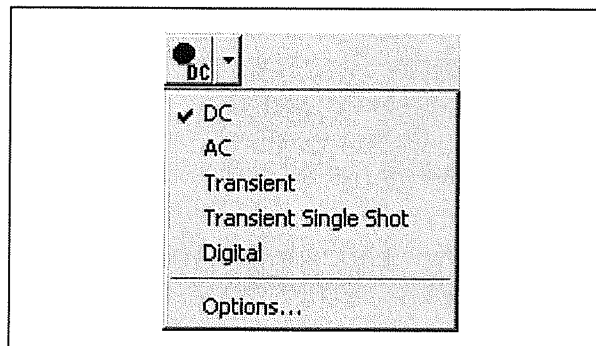
Een prachtige eigenschap van de "Schematic Editor" mag niet onvermeld blijven: de interactieve modus. In deze modus ziet u de werking van de schakeling in real time. U kunt schakelaars bedienen en LED's en zeven-segment indicatoren reageren op de digitale pulsen in de schakeling. U kunt de waarde van componenten veranderen en ziet onmiddellijk hoe de schakeling daarop reageert.

## Een voorbeeld

Als mooie demonstratie van deze interactieve modus openen wij het voorbeeld "DISPKEY.SCH" dat in de directory "EXAMPLES" te vinden is. Klik nu op het pijltje naast de knop "Interactieve mode On/Off", zie figuur 3/8.9.28-66. Selecteer "Digital" en klik op de knop met de gedoofde LED. Het LED'je gaat nu branden en uw schema zit in de interactieve modus. U ziet de reeds bekende rode en blauwe vierkantjes die de logische niveaus op de diverse lijnen en in- en uitgangen weergeven, zie figuur 3/8.9.28-67. Ga nu met de muiscursor naar het toetsenbordje en klik op een van de toetsen. U ziet onmiddellijk hoe de logische niveaus in de schakeling hierdoor veranderen en hoe de zeven-segment indicator reageert.

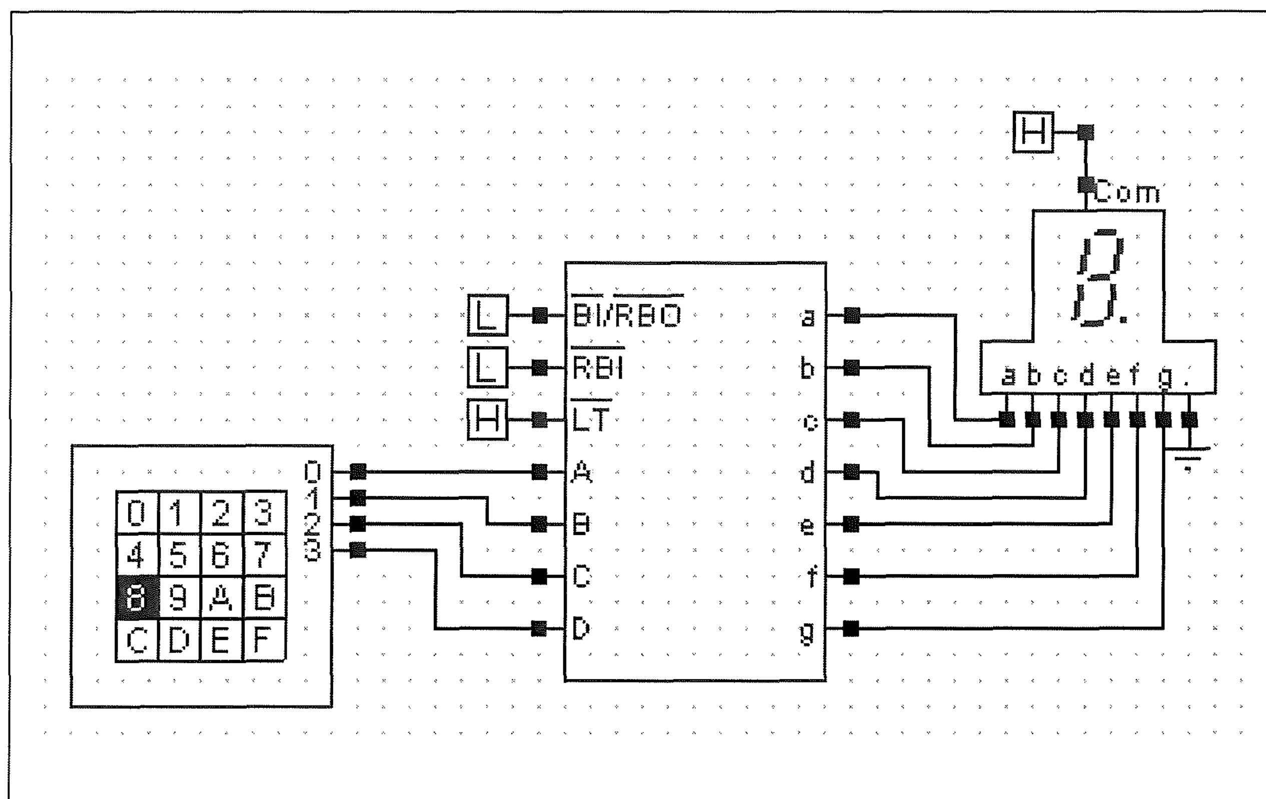



**Figuur 3/8.9.28-65:** De digitale tijd analyse.




**Figuur 3/8.9.28-66:** De correcte interactieve modus hangt af van het soort schakeling dat u heeft ontworpen.

**8.9 Software voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.9.28-67:** De interactieve modus in actie: u ziet de signaalniveaus in real time weergegeven door rode en blauwe vierkantjes, kunt het toetsenbordje bedienen en de reactie van de indicator bewonderen.

# Nadere gegevens

Edison4 van DesignSoft wordt in Nederland en Vlaanderen exclusief per postorder verkocht door
Vego VOF
Postbus 32014
7370 JA Landgraaf (NL)
Telefoon: 045-533.22.00
Fax: 045-533.22-02
E-mail: vego_vof@compuserve.com
Internet: www.elektronicasoftware.nl
Het pakket kost € 129,00 exclusief 19 % BTW.

# 3/8.10

# Praktische schakelingen voor de ontwerper

Inhoud

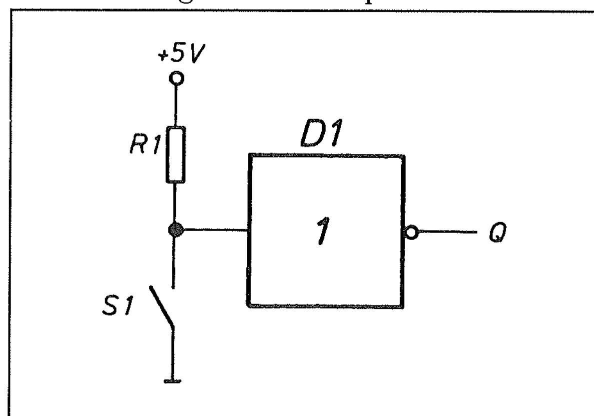
# 3/8.10.1

# Ontdenderen van schakelaars

## Inleiding

Bij het aansturen van digitale schakelingen zoals flip-flops en tellers met mechanische schakelaars heeft men vrijwel steeds last van de zogenaamde contactdender.
Als men een schakelaar sluit of op een drukknop drukt, dan zal er in het interne van de schakelaar een verend metalen lipje tegen twee contact-punten worden gedrukt. Dat dit lipje uit een verend metaal moet worden gemaakt is duidelijk, als men de drukknop weer loslaat moet het lipje immers door het terugveren naar zijn ruststand het contact tussen de twee punten weer verbreken. Nu heeft dat verend karakter van het schakel-lipje tot gevolg dat er bij het bedienen van de schakelaar vrijwel nooit een eenduidig elektrisch contact wordt gemaakt.
Het lipje gaat namelijk trillen of resoneren en dit heeft tot gevolg dat het contact vele tientallen malen met een tamelijk hoge frequentie wordt gesloten en weer geopend alvorens het lipje tot rust komt in de nieuwe schakelstand.

Als men, zoals getekend in figuur 3/8.10.1-1, een ingang van een digitale schakeling via een mechanische drukschakelaar zonder meer met de massa verbindt dan zullen er bij het indrukken van de schakelaar dus een groot aantal pulsjes ontstaan.
De digitale schakeling ervaart geen eenduidige overgang van 'H' naar 'L' en als de schakeling een teller is en de drukknop de clock-ingang van deze schakeling stuurt dan zal het eenmalig indrukken van de schakeling tot gevolg hebben dat de teller enige tientallen pulsen telt.




**Figuur 3/8.10.1-1:** Het probleem: hoe kan men een mechanische schakelaar aansluiten op de ingang van bijvoorbeeld een TTL-teller?

Nu komt het in de praktijk natuurlijk zelden voor dat men een teller stuurt door middel van een met de hand te bedienen drukknop. Talloos zijn echter de toepassingen waarbij een teller of flip-flop wordt gestuurd door mechanisch bediende schakelaars. Te denken valt aan thermostaatcontacten, impulsgevers die een aantal omwentelingen van een as of slagen van een pons tellen, mechanische micro-

schakelaars die het aantal voorwerpen op een lopende band registreren, enzovoort.

Dergelijke mechanische schakelaars, vaak micro-switches genoemd, kunnen nooit rechtstreeks op de ingangen van een digitale schakeling worden aangesloten. Men zal steeds maatregelen moeten treffen om het resoneren van de contacten te onderdrukken.

Een uitzondering moet gemaakt worden voor de zogenaamde kwikschakelaars. Deze bestaan uit een klein luchtledig glazen buisje, waarin twee contactlipjes zijn ingesmolten en waarin een klein bolletje kwik kan bewegen. Als het buisje in een bepaalde stand wordt gezet rolt het kwikbolletje over de contacten en sluit daardoor de stroomkring. Deze schakelaars zijn vrij van contactdender.

In de volgende paragraafjes worden enige eenvoudige schakelingetjes besproken, die gebruikt kunnen worden voor het ontdenderen van mechanische contacten.

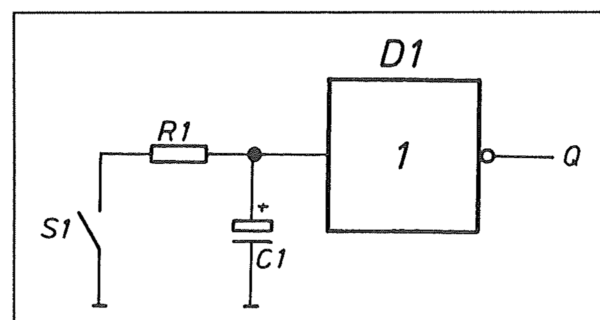
### Wanneer wel en wanneer niet?

Het zal duidelijk zijn dat men bij iedere toepassing van een mechanische schakelaar als ingang voor een digitale schakeling moet onderzoeken of onderdrukking van de contact-dender wel echt noodzakelijk is.
Als men bijvoorbeeld een TTL-teller door middel van een mechanisch contact moet resetten, dan kan men de schakelaar zonder dender-onderdrukking rechtstreeks aansluiten tussen de RESET-ingang van de teller en de massa. Bij de eerste overgang van 'H' naar 'L' reset de schakeling en alle volgende schakelaar-trillingen veranderen niets aan deze situatie.
Anders wordt het als men bijvoorbeeld de CLOCK-ingang van dezelfde schakeling mechanisch moet sturen. De CLOCK reageert immers bij iedere overgang van 'L' naar 'H' en deze ingang is mechanisch niet te sturen zonder dender-onderdrukking!

### Dender-onderdrukking door middel van RC-netwerkjes

In de digitale TTL-techniek komt het vaak voor dat men een ingang moet sturen door een aansluiting van het IC logisch 'L' te maken, dus met de massa te verbinden.
In rust kan de ingang gerust open blijven, een open ingang komt in de TTL-technologie immers overeen met een logische 'H'.

In zo'n geval heeft men voor het ontdenderen van de schakelaar slechts een kleine weerstand en een condensator nodig. De schakeling is getekend in figuur 3/8.10.1-2.




**Figuur 3/8.10.1-2:** De eenvoudigste oplossing bestaat uit het tussenschakelen van een RC-integrator.

Tussen de ingang van de TTL-schakeling en de schakelaar is een weerstandje in serie opgenomen. Bovendien gaat de ingang via een condensator naar de massa.
De werking van de schakeling wordt toegelicht aan de hand van de grafieken van figuur 3/8.10.1-3.

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper

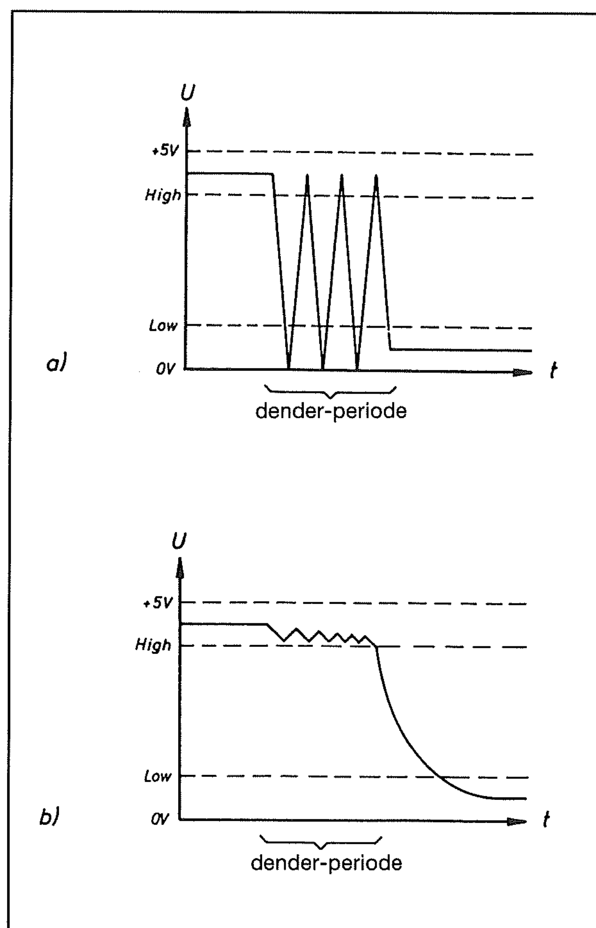
Als de weerstand en de condensator niet aanwezig waren dan zou de spanning op de ingang verlopen zoals getekend in de bovenste grafiek. In rust is de spanning groter dan+2,4 V, de ingang is immers open. Drukt men op de schakelaar, dan zullen de resonanties van de contact-lip er voor zorgen dat de ingang van de schakeling diverse malen achter elkaar naar de massa getrokken wordt. Er ontstaan een heleboel 'H' naar 'L' en 'L' naar 'H' flanken, die de schakeling kunnen sturen. Door het aanbrengen van het RC-netwerkje worden deze snelle pulsen geïntegreerd of afgevlakt. De condensator is immers opgeladen tot een spanning die ongeveer gelijk is aan de voedingsspanning van +5 V. Bij het bedienen van de schakelaar gaat de condensator ontladen via de weerstand. Iedere ontlading (schakelaar even gesloten) wordt echter gevolgd door een oplading (schakelaar weer open) via de interne ingangsweerstand van de TTL-ingangskring. De spanning op de ingang van de schakeling blijft gedurende de resonantie-periode van het contact boven de +2,4 V drempel en de ingang blijft 'H'. Eerst nadat het contact echt definitief gesloten wordt kan de condensator via de weerstand ontladen naar 0 V en wordt de spanning op de ingang kleiner dan +0,4 V, de drempel die eenduidig als 'L' wordt geïnterpreteerd.

De schakeling heeft een aantal nadelen waardoor de praktische bruikbaarheid helaas niet zo groot is.

Op de eerste plaats zijn er grenzen gesteld aan de waarde van een weerstand die men tussen een ingang van een TTL-IC en de massa mag schakelen. TTL-schakelingen werken immers met stroomsturing. Als een open ingang met de massa wordt verbonden vloeit er uit de ingang een bepaalde stroom - ongeveer 1,6 mA voor normale TTL-schakelingen - naar de massa. Deze stroom wekt over de weerstand een spanningsval op en deze mag niet zo groot zijn dat de spanning op de ingang groter blijft dan +0,4 V.
Men kan de maximale waarde van de weerstand berekenen uit:

$$R1 = \frac{0{,}4\ V}{1{,}6\ mA} = 250\ \Omega$$

In de praktijk kan men het best een weerstandje van 220 Ω gebruiken.




**Figuur 3/8.10.1-3:** De werking van de RC-integrator grafisch toegelicht.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

Voor geïntegreerde schakelingen uit de LS-familie kan men gelukkig grotere weerstanden toepassen omdat deze schakelingen met lagere stroom-niveaus werken. De grenswaarde ligt dan bij 2,7 kΩ.

Om effectief te kunnen onderdrukken moet het RC-netwerk een bepaalde tijdconstante $\tau$ hebben. Met zo'n lage weerstandswaarde moet de condensator vrij groot zijn, zodat men in de meeste gevallen een elco moet toepassen. De exacte waarde hangt uiteraard af van de eigenschappen van de schakelaar. Hoe meer last het onderdeel ondervindt van zijn eigen resonanties, hoe groter de elco moet zijn. Men kan echter stellen dat een waarde van 100 $\mu$F wel steeds zal voldoen.

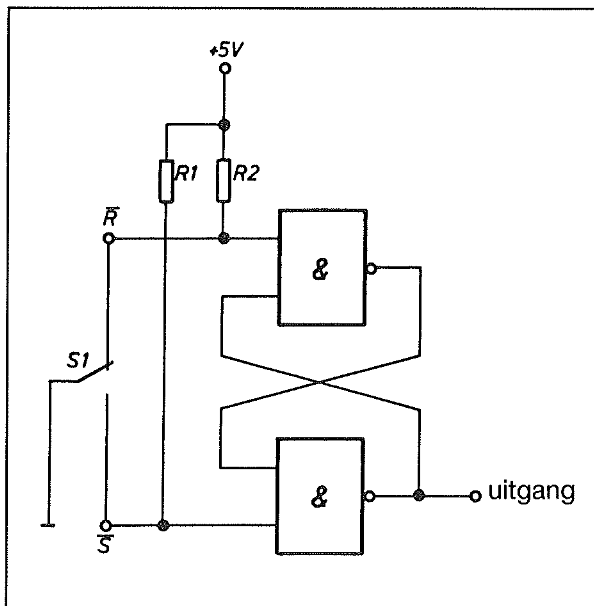
Zoals uit de onderste grafiek van figuur 3/8.10.1-3 blijkt heeft het RC-netwerk een bepaalde vertraging tot gevolg. Er ontstaat een tijdsvertraging $\Delta$t tussen het sluiten van de schakelaar en het 'L' worden van de ingang. In de meeste gevallen zal dat niet zo'n probleem zijn. Deze vertraging ligt immers in het ms bereik! Erger is dat door de ontlaadcurve van de condensator de spanning op de ingang van de TTL-schakeling vrij traag omschakelt tussen 'H' en 'L'. Het signaal doet er enige ms over om het 'verboden gebied' tussen de +2,4 en de +0,4 V te overbruggen.
Nu zijn er bepaalde maxima gesteld aan de flanken van TTL-pulsen. Als de ingang intern is voorzien van Schmitt-trigger werking - dat moet opgezocht worden in de data-boeken - is de maximale duur van een 'H' naar 'L' overgang in wezen onbegrensd. Men kan de voorgestelde schakeling dan zonder problemen toepassen. Is de ingang van de te sturen TTL-schakeling echter niet voorzien van een Schmitt-trigger, dan zal de achterflank van het signaal door de condensator te zeer vertraagd worden om onder alle omstandigheden een goede reactie van de TTL-schakeling te garanderen. Men zal dan tussen de condensator en de ingang van de schakeling een extra poort met Schmitt-trigger werking moeten opnemen. Omdat de meeste Schmitt-trigger poorten echter inverterend werken moet men het niveau op de uitgang van deze poort nog eens inverteren met een tweede poort!

**Denderonderdrukking met een RS flip-flop**

Een veel elegantere oplossing is gebruik te maken van een RS flip-flop. Bij deze schakeling ontstaan geen problematische vertragingen tussen het activeren van de mechanische schakelaar en het verschijnen van een mooie eenduidige uitgangspuls. Bovendien kan het uitgangssignaal zonder meer aan een TTL-schakeling worden aangeboden en heeft men zowel de beschikking over een 'L' naar 'H' als over een 'H' naar 'L' overgang.
Het enige nadeel is dat men gebruik moet maken van een mechanische schakelaar met een enkelvoudig omschakelcontact.

Het basis-schema van de denderonderdrukking met RS flip-flop is getekend in figuur 3/8.10.1-4. De flip-flop is samengesteld uit twee NAND-poorten met ieder twee ingangen. De flip-flop werking ontstaat door de uitgangen van de poorten kruiselings te verbinden met de ingangen. De vrije ingangen gaan naar de contacten van de mechanische schakelaar. Het moedercontact gaat naar de massa. De twee weerstanden R1 en R2 zijn zogenaamde pull-up weerstanden die er voor zorgen dat de open ingangen van de poorten in ieder geval op 'H' staan. Afhankelijk van de

toegepaste technologie zijn deze weerstanden al dan niet noodzakelijk. Bij gewone TTL kan men deze weglaten.




**Figuur 3/8.10.1-4:** De meest ideale schakeling maakt gebruik van een RS flipflop maar heeft wel als nadeel dat een omschakelaar nodig is.

De werking van de schakeling volgt in feite rechtstreeks uit de waarheidstabel van de NAND-poort, getekend in figuur 3/8.10.1-5.

In rust maakt het moedercontact van de schakelaar verbinding met het bovenste omschakelcontact en ligt de R-ingang van de schakeling aan de massa. De uitgang van de bovenste poort is bijgevolg 'H', onafhankelijk van het niveau op de tweede ingang. De twee ingangen van de onderste poort zijn 'H', de uitgang is 'L'. Deze uitgangssituatie is getekend in het bovenste schema van figuur 3/8.10.1-6.

Wordt de schakelaar bediend, dan wordt R 'H' en S 'L'. Een van de ingangen van de onderste poort wordt 'L', de uitgang gaat bijgevolg onmiddellijk naar 'H', onafhankelijk van de spanning op de tweede ingang. De bovenste poort wordt nu gestuurd door twee 'H'-signalen, de uitgang wordt 'L'. Deze uitgang wordt teruggekoppeld naar de bovenste ingang van de onderste poort. Zelfs als de onderste ingang van deze poort door het denderen van de contacten weer 'H' zou worden, heeft dit geen invloed op de toestand op de uitgangen van de poort. De 'L' op de andere ingang houdt de uitgang van de poort immers op 'H' en daardoor indirect de uitgang van de bovenste poort op 'L'. Dit is een stabiele toestand, getekend in de onderste afbeelding van figuur 3/8.10.1-6.

Samenvattend kan men stellen dat het bedienen van de schakelaar een mooie hoge puls op de Q-uitgang van de schakeling tot gevolg heeft. Bij het terug naar de ruststand gaan van de schakelaar ontstaat op de Q een mooie en eenduidige overgang van 'H' naar 'L'.

Als men de digitale schakeling moet sturen met een invers signaal kan men de uitgang van de bovenste poort als besturing gebruiken.

In de praktijk zal men kant en klare RS flip-flops gebruiken omdat men meestal verschillende schakelaars moet ontdenderen en er dan veel te veel NAND-poorten toegepast zouden moeten worden.

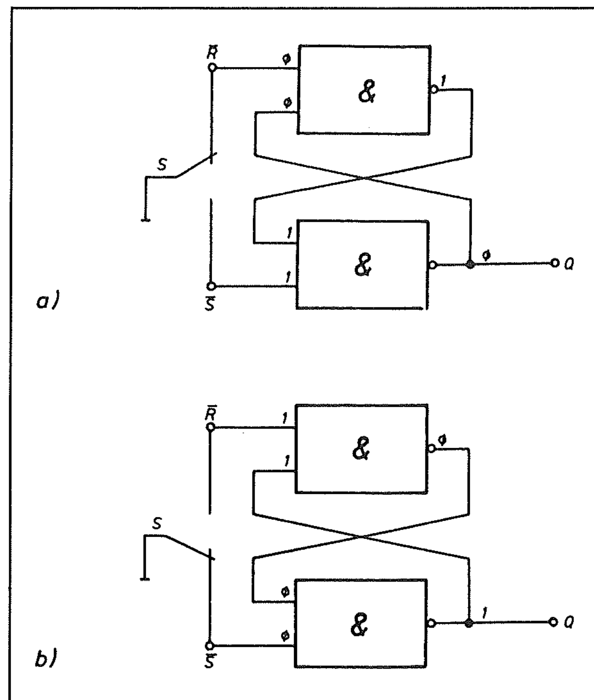
De aloude 7474, waarvan de aansluitgegevens en de oude en moderne logische symbolen zijn samengevat in figuur 3/8.10.1-7, kan gebruikt worden voor het ontdenderen van twee schakelaars.

De 74279 is samengesteld uit vier RS flipflops, zie figuur 3/8.10.1-8, twee van deze geïntegreerde schakelingen kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt voor het be-

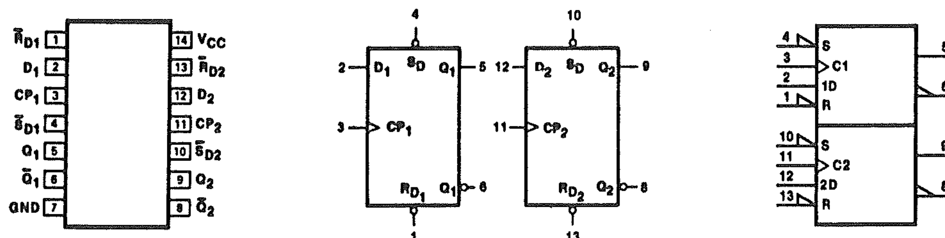
## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper

| R | S | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

**Figuur 3/8.10.1-5:** De waarheidstabel van een NAND-poort.

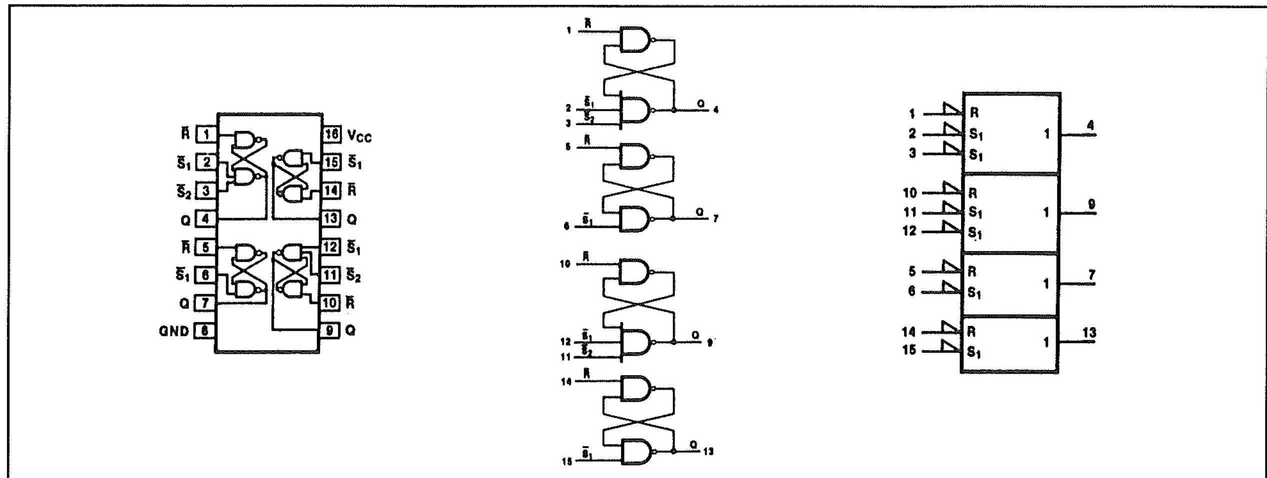



**Figuur 3/8.10.1-6:** De twee verschillende stabiele toestanden van de RS flip-flop.




**Figuur 3/8.10.1-7:** Aansluitgegevens en logische schema's van de 7474 tweevoudige RS flip-flop.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**



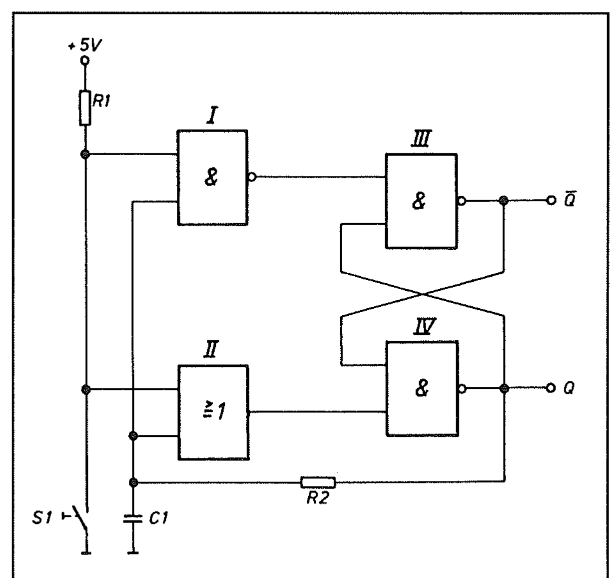

**Figuur 3/8.10.1-8:** Aansluitgegevens en interne logische schema's van de viervoudige RS flip-flop van het type 74279.

handelen van een schakelaar-bank samengesteld uit acht schakelaars. Een magisch aantal dat men vaak aantreft in schakelingen die met een computer moeten communiceren.
Bij toepassing van de genoemde schakelingen kunnen de pull-up weerstanden vervallen, deze zijn echter wel noodzakelijk als men CMOS RS flip-flops toepast.

## CMOS-schakeling voor enkelvoudige schakelaar

De RS flip-flop is zonder meer de meest ideale denderonderdrukker omdat er behalve de IC's geen componenten noodzakelijk zijn. Heeft men echter geen omschakelaars ter beschikking, dan moet men zich op een andere manier behelpen.
In figuur 3/8.10.1-9 is een schakeling getekend die gebruik maakt van CMOS-poorten.

Bij het inschakelen van de voeding komt de Q-uitgang steeds op 'L' te staan. De condensator C1 is bij het inschakelen van de voeding ontladen. Zowel de NAND-poort I als de OR-poort II worden gestuurd met een hoge en een lage ingang. Beide poorten leveren dus een 'H' aan de set- en de reset-ingangen van de uit de NAND-poorten III en IV opgebouwde flip-flop. In principe is dit een onbepaalde toestand en zou de flip-flop zowel in de ene als in de andere stand kunnen komen. Zou echter de




**Figuur 3/8.10.1-9:** Een anti-dender schakeling met CMOS-poorten voor het behandelen van een gewone aan/uit-schakelaar.

Q-uitgang 'H' worden dan laadt de condensator op en na enige tijd wordt de spanning over de condensator door de twee ingangs-poorten als 'H' geïnterpreteerd. De NAND levert een 'L' aan de flip-flop, de Q-niet uitgang wordt 'H' en de Q-uitgang bijgevolg 'L'.
Als deze initialiserings-situatie zich zou voordoen wordt de condensator weer ontladen zodat men zonder meer kan stellen dat in rust de condensator ontladen is en de Q-uitgang 'L' is.

Bij het bedienen van de schakelaar worden de ingangen van beide ingangspoorten 'L'. De uitgang van de OR-poort wordt 'L'. Dit laag signaal activeert de flip-flop, de Q-uitgang wordt 'H'. Eventuele dender-verschijnselen worden weliswaar via de OR doorgekoppeld naar de flip-flop, maar deze beïnvloeden de uitgangen van deze schakeling niet.

De condensator wordt nu opgeladen uit de hoge uitgang van de flip-flop. Na enige tijd wordt het signaal over de condensator als 'H' ervaren. Beide ingangs-poorten worden nu weer gestuurd met een 'L' (de gesloten schakelaar) en een 'H' (de opgeladen condensator). De OR levert een 'H' aan de flip-flop, maar daardoor verandert er niets aan de uitgangssituatie.

Als de schakelaar weer geopend wordt worden beide ingangen van de NAND I 'H'. De uitgang wordt 'L', dit signaal reset de flip-flop. De uitgang wordt 'L'.

De tijdconstante $\tau$ van het netwerk R2/C1 moet zo klein zijn dat de spanning over de condensator tot het logische 'H'-niveau kan opladen alvorens de schakelaar weer geopend wordt.

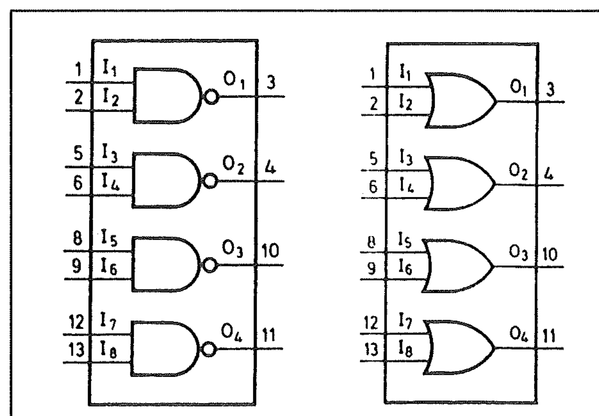
De tijdconstante wordt gegeven door de formule:

$$\tau = 0{,}7 \,.\, R2 \,.\, C1$$

Groot voordeel van deze schakeling is dat de uitgangspuls volledig synchroon verloopt met het sluiten en openen van de mechanische schakelaar. Bovendien heeft men twee ten opzichte van elkaar geïnverteerde signalen ter beschikking, zodat men aan iedere ingangsvoorwaarde kan voldoen.
Nadeel is uiteraard het groot aantal onderdelen en zeker het feit dat men twee verschillende soorten poorten nodig heeft. Met drie CD 4011 IC's (4 x NAND) en een 4071 (4 x OR) kan men vier mechanische schakelaars ontdenderen.
De aansluitgegevens van de genoemde geïntegreerde schakelingen zijn getekend in figuur 3/8.10.1-10.

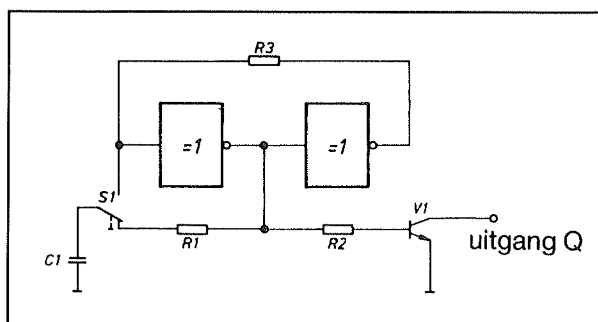
### Ontdenderen met twee invertoren

In figuur 3/8.10.1-11 wordt een schakeling gegeven die ideaal is voor het ontdenderen van omschakelaars die gebruikt




**Figuur 3/8.10.1-10:** De aansluitgegevens van de CMOS-schakelingen die gebruikt worden in het schema van de vorige figuur.

worden als omwentelingstellers. De schakeling is namelijk bedoeld voor het behandelen van mechanische schakelaars die met een tamelijk hoge frequentie regelmatig in- en uitschakelen.




**Figuur 3/8.10.1-11:** Een ideaal schema voor het ontdenderen van pulserende schakelaars zoals bijvoorbeeld gebruikt bij omwentelingstellers.

Stel dat bij het inschakelen van de voeding de schakelaar in de getekende stand staat. De condensator C1 is volledig ontladen. De ingang van de tweede invertor ligt via weerstand R1 aan dit lage signaal. De uitgang van deze invertor is 'H'. Dit hoge signaal wordt via weerstand R3 teruggekoppeld naar de ingang van de eerste invertor. Deze levert een lage uitgang. Het systeem is dus in evenwicht.

Als de schakelaar omschakelt wordt de condensator verbonden met de ingang van de eerste invertor. De condensator is ontladen, de ingang van deze invertor wordt dus 'L'. De uitgang wordt 'H', via de tweede invertor en R3 wordt een 'L' aan de ingang van de eerste invertor aangeboden. Ook deze toestand is stabiel. Het hoge signaal tussen de twee invertoren wordt gebruikt om transistor V1 in geleiding te sturen en een uitgangspuls voor de te sturen digitale schakeling op te wekken.

Als de schakelaar terug gaat naar de uitgangspositie wordt de condensator via weerstand R1 verbonden met het hoge niveau op de uitgang van invertor 1. De condensator gaat opladen, na een bepaalde tijd is de spanning over dit onderdeel tot boven het 'H'-niveau gestegen.

Als de schakelaar terug omschakelt wordt de ingang van invertor 1 verbonden met de opgeladen condensator. Zijn uitgang wordt 'L', via de tweede invertor en weerstand R3 wordt de ingang van invertor 1 blijvend op 'H' ingesteld. Ook deze toestand is dus stabiel en bovendien gelijk aan de beginsituatie. Het lage signaal tussen de beide invertoren stuurt V1 naar sper.

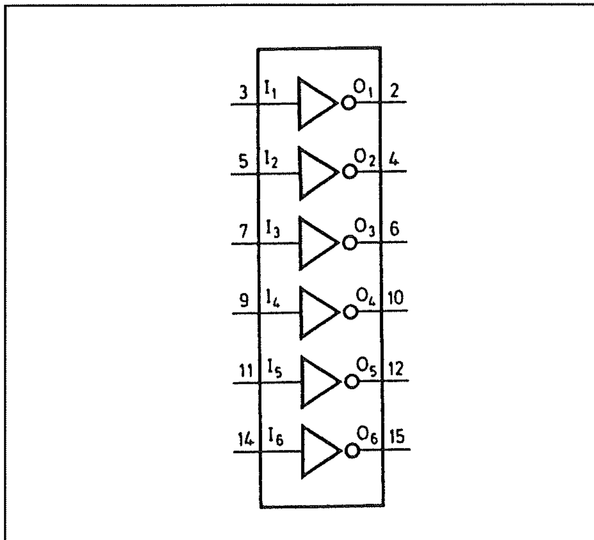
Men kan besluiten dat de transistor V1 afwisselend in sper en in geleiding wordt gestuurd als de schakelaar omschakelt.

De dender van de schakelaar heeft geen invloed op de schakeling, omdat alleen de momentele ladingstoestand van de condensator C1 bepaalt in welke toestand het teruggekoppeld netwerk van de twee invertoren terecht komt.

Wel heeft deze schakeling als nadeel dat de maximale omschakel-frequentie van de schakelaar afhankelijk is van de waarde van de condensator en de weerstand R1. Met een weerstand van 100 kΩ en een condensator van 10 nF wordt een maximale frequentie van ongeveer 300 Hz bereikt, meer dan zelfs de kleinste en lichtste reed-schakelaar aankan!

Met een CD 4049, waarvan de aansluitgegevens vermeld staan in figuur 3/8.10.1-12, kan men drie omschakelaars ontdenderen.

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper




**Figuur 3/8.10.1-12:** De aansluitgegevens van de zesvoudige invertor.

# 3/8.10.2

# Netbelastingen schakelen

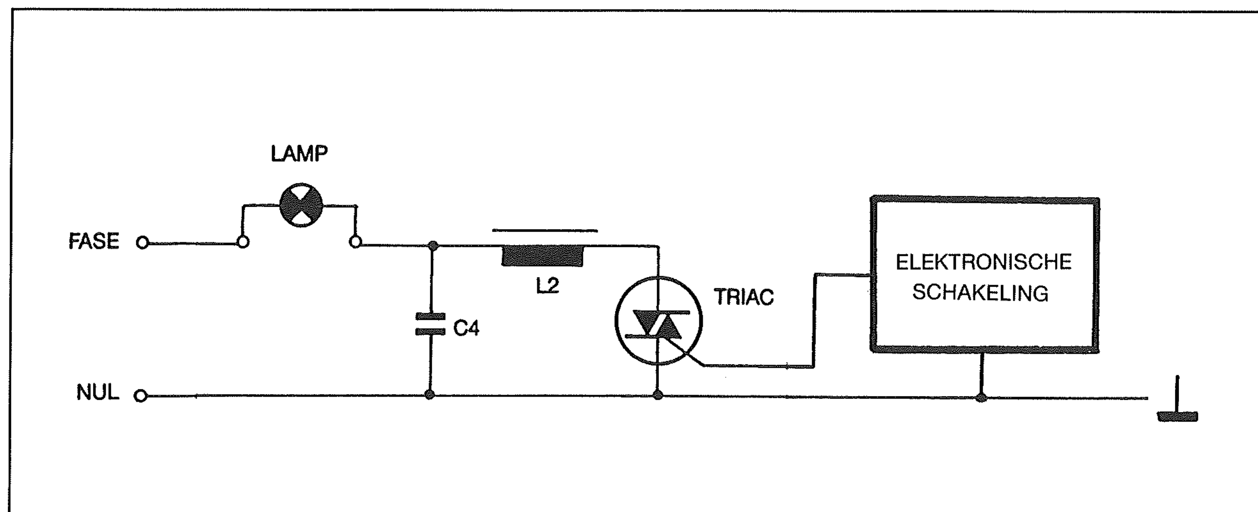
**Probleemstelling**
Bij het sturen van uit het wisselspanningsnet gevoede apparaten of lampen uit een elektronische schakeling doet zich steeds het probleem voor hoe men dit zowel economisch als veilig kan oplossen.

Er bestaan al tientallen jaren zowel economische als uiterst veilige onderdelen voor deze functie, namelijk de elektromechanische relais! Deze zijn tegenwoordig zeer geperfectioneerd en zijn voor iedere denkbare spanning, stroom en vermogen op de markt. Relais kunnen op dit moment zeer gevoelig worden gemaakt zodat het in vele gevallen mogelijk is het spoeltje rechtstreeks uit de uitgang van een digitaal IC of in het slechtste geval via een tussengeschakelde transistor te voeden. De levensduur bedraagt, bij normaal gebruik, tienduizenden schakel-acties en overtreft daarmee veruit de reële levensduur van het apparaat waarin het relais wordt toegepast.

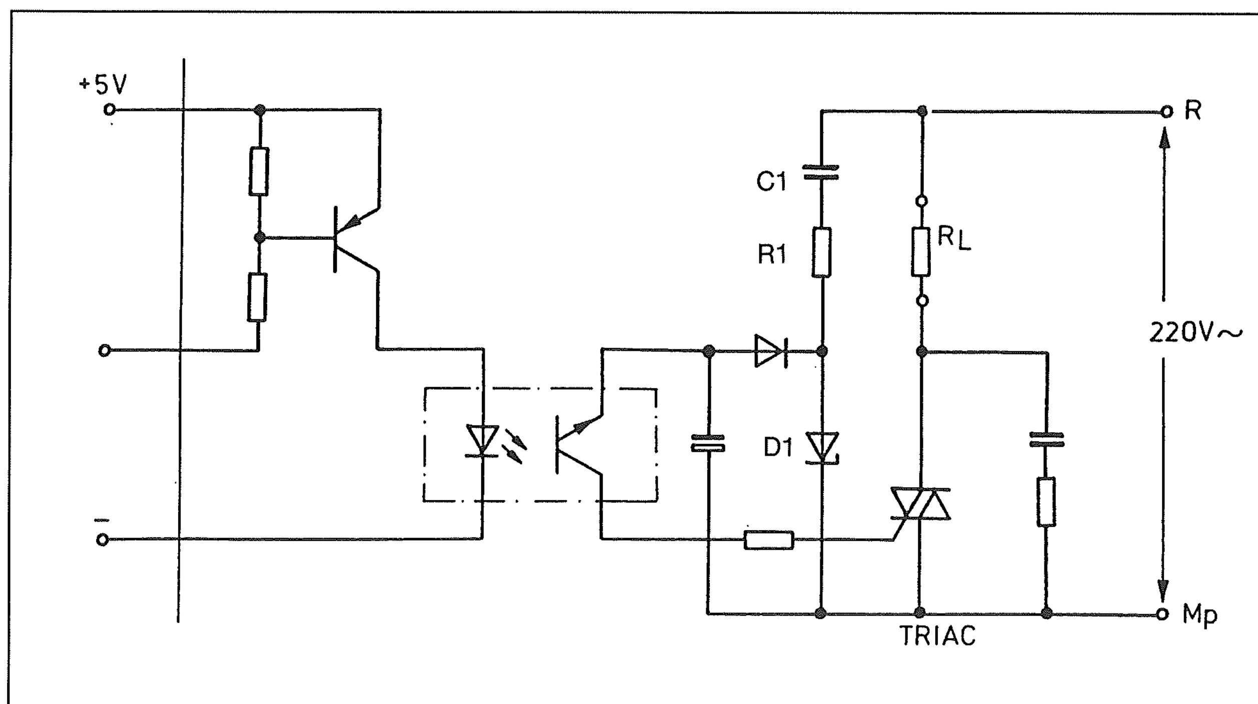
Het lijkt er echter op dat de meeste ontwerpers van elektronische schakelingen zich tegenwoordig schamen om zo'n verouderd ding als een elektromechanisch relais in hun schakelingen te verwerken. Dus werd gezocht naar volledig elektronische werkende vervangers. Het onderdeel dat daarvoor natuurlijk onmiddellijk in aanmerking komt is de triac. Weliswaar niet zo betrouwbaar als een relais, want absoluut niet bestand tegen een kortsluiting, maar in ieder geval volledig bij de tijd!
Het grote probleem bij het gebruik van een triac is echter dat het ding een gatestroom nodig heeft om te ontsteken en dat deze stroom via een van de overige aansluitingen van de triac moet terug vloeien naar de schakeling die de stroom levert.
Er ontstaat dus een situatie zoals geschetst in figuur 3/8.10.2-1. De onderste aansluiting van de triac is zowel verbonden met een van de aders van het net als met de massa van de elektronische schakeling die de triac bestuurt. Hetgeen tot gevolg heeft dat de massa verbonden kan worden met de fase van het net en het dus levensgevaarlijk is gelijk welk onderdeel uit de schakeling aan te raken!

Nu is dat nog niet zo'n probleem als het geheel een overzienbare omvang heeft. Niemand maakt zich er druk over dat in ieder huis een of meerdere dimmers aanwezig zijn, waarbij de as onder de draaiknop misschien wel eens met de fase van het net verbonden zou kunnen zijn!
Anders wordt het als het systeem zeer omvangrijk is. Als men bijvoorbeeld enige belastingen in huis automatisch wil aan- en uitschakelen met een computer, dan kan men het getekende principe absoluut niet toepassen. Immers, niet alleen de

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper




**Figuur 3/8.10.2-1:** Bij rechtstreekse sturing van een netgevoede triac uit een elektronische schakeling ligt een van de net-aders rechtstreeks aan de massa van de elektronica!




**Figuur 3/8.10.2-2:** Bij gebruik van een optiche koppelaar om de galvanische verbinding met het net te vermijden doet zich het probleem voor hoe de transistor uit de optische koppelaar gevoed moet worden.

massa van de computer kan op een levensgevaarlijke spanning staan, maar ook de massa's van alle apparaten die met de computer verbonden zijn. Denk daarbij aan de monitor, de printer en de floppydrive!

Het rechtstreeks via een triac sturen van netgevoede apparaten uit een omvangrijke elektronische schakeling met vele bedienings-elementen moet dus ten stelligste afgeraden worden!

**De opto-coupler wordt ingezet**

Het probleem van de rechtstreekse galvanische koppeling tussen het net en de besturende elektronica kan uiteraard worden opgelost door gebruik te maken van optische koppelaars. Deze onderdelen bevatten, elektrisch volledig van elkaar gescheiden, een infrarode LED en een fotogevoelige transistor. Men kan de LED aansturen uit de elektronische schakeling en de geleidende transistor levert de gatestroom die de triac ontsteekt.
Het probleem wordt hiermee echter verschoven naar de economische kant van de zaak. Want waar haalt de foto-transistor uit de optische koppelaar zijn voedingsspanning vandaan waaruit hij de gatestroom kan leveren?

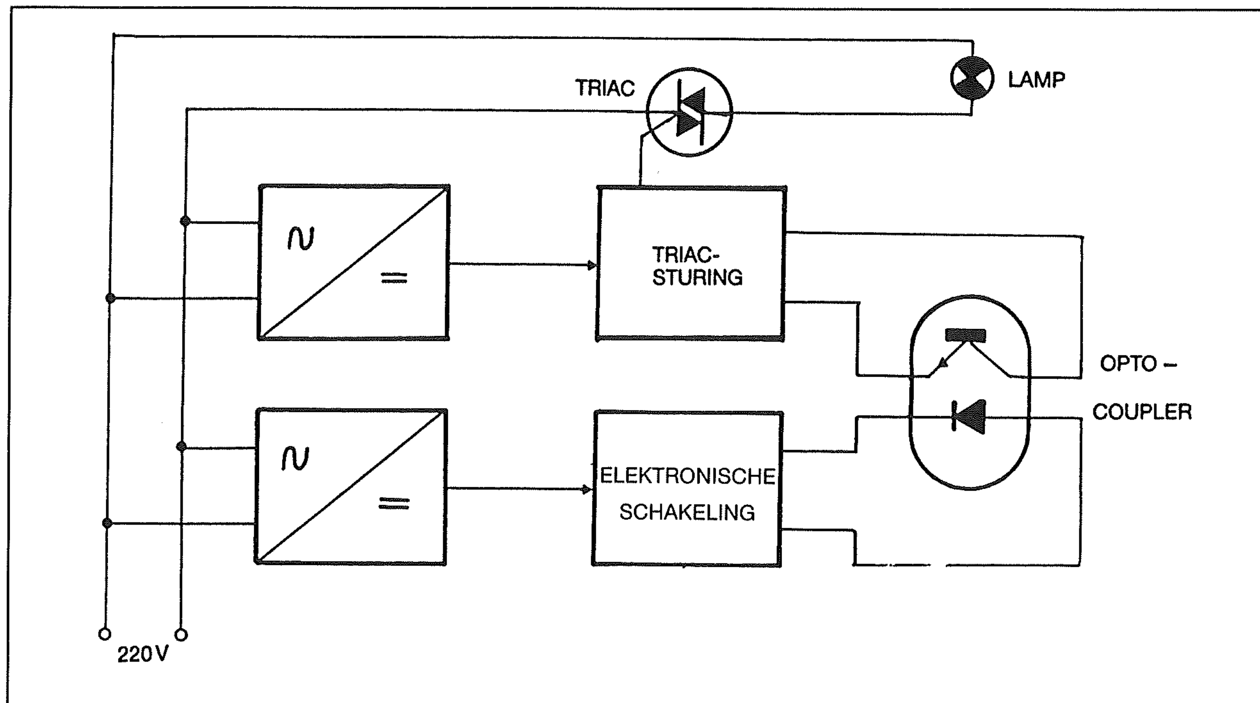
Nu kan men dat probleem zuiver technisch bekeken gemakkelijk oplossen door bijvoorbeeld gebruik te maken van de schakeling van figuur 3/8.10.2-2. Uit het 220 V~ net wordt door middel van de condensator C1, de weerstand R1 en de zenerdiode D1 een voedingsspanning voor de transistor afgeleid. Groot probleem is echter dat foto-transistoren een maximale collector-emitter spanning hebben van een dertigtal volt en men de 220 V dus behoorlijk moet verzwakken. De condensator C1 wordt daarvoor hoofdzakelijk gebruikt, dit onderdeel heeft immers een bepaalde wisselstroomimpedantie en deze vormt met de weerstand R1 en de zenerdiode een spanningsdeler. Omdat de condensator thermisch verliesvrij werkt heeft men geen problemen met grote hoeveelheden thermische energie die men moet wegwerken. Dat zou wel het geval zijn als men een zuiver ohmse - uit weerstanden samengestelde - spanningsdeler zou toepassen. Deze weerstanden zouden een vermogen van minstens 10 W moeten hebben en zo heet worden dat de schakeling praktisch bekeken onbruikbaar zou zijn. De condensator moet echter een spanning van minstens 220 V~ kunnen verdragen en deze onderdelen zijn zeer groot, duur en op lange termijn toch tamelijk onbetrouwbaar. Vraag maar aan een willekeurige TV-reparateur hoe vaak een hoogspannings-condensator doorslaat! De schakeling van figuur 3/8.10.2-2 is dus geen betrouwbaar alternatief.

Een andere methode, die echter alles behalve economisch maar wel veilig is, is geschetst in figuur 3/8.10.2-3.
Bij dit systeem wordt gebruik gemaakt van twee volledig gescheiden voedingen. De onderste voedt de elektronische besturings-schakeling, de bovenste de optische koppelaar en de triac. Dit systeem wordt vrijwel steeds toegepast in allerhande professionele toepassingen waarvan de elektronische podium-belichting de meest voor de hand liggende is. Nadeel is uiteraard de prijs en de omvang, want er zijn twee voedingstrafo's met bijbehorende onderdelen noodzakelijk.

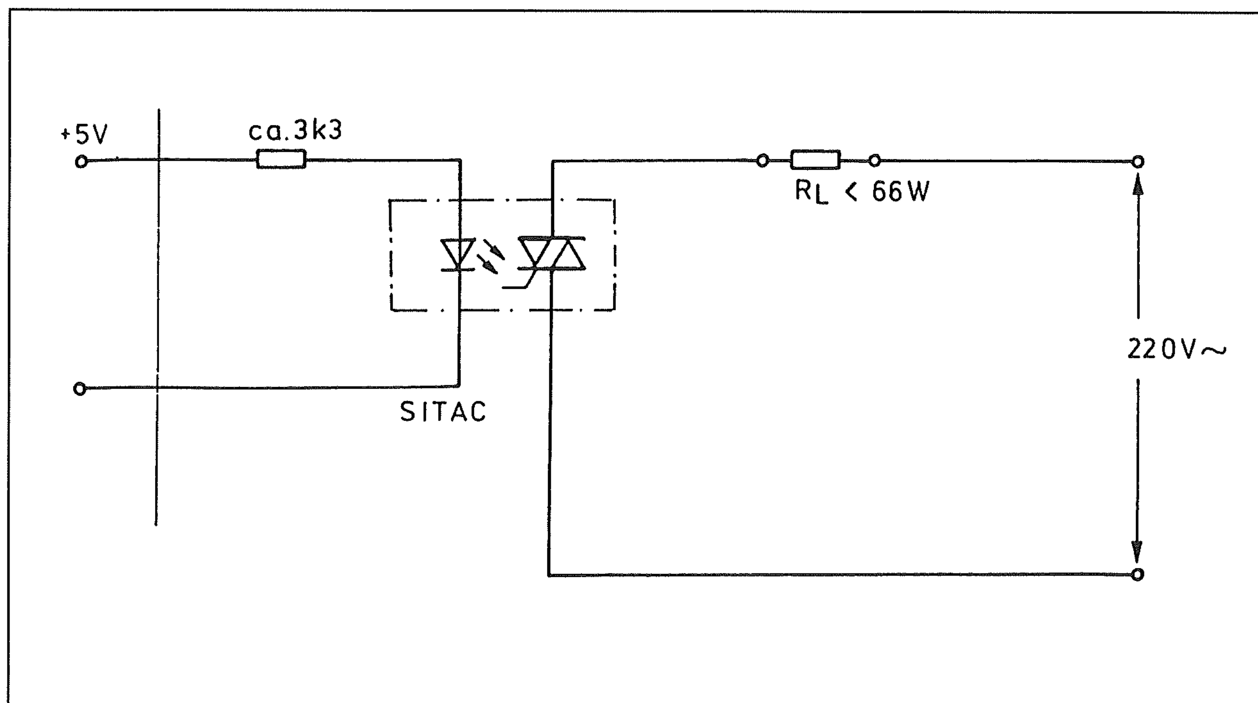
**De 'optische triac' brengt uitkomst!**

Sinds kort zijn er optische koppelaars op

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper




**Figuur 3/8.10.2-3:** Volledig gescheiden voeding voor het hoog- en laagspannings circuit vormt weliswaar technisch de beste oplossing, maar is zeer oneconomisch.




**Figuur 3/8.10.2-4:** De eenvoudigste schakeling met een SITAC kan ongeveer 60 W schakelen uit de 220 V~ netspanning met een stuurstroom van slechts 2 mA.

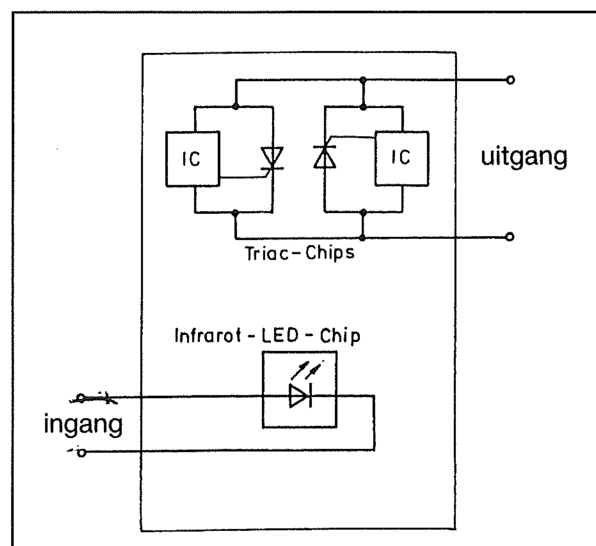
de markt die zijn samengesteld uit een infrarode diode en een fotogevoelige triac. Deze onderdelen vormen het elektronische alternatief voor het aloude relais!

Hoewel verschillende fabrikanten dergelijke onderdelen op de markt brengen wordt als voorbeeld de BRT12/22 van Siemens besproken. De parameters van de verschillende modellen van de andere fabrikanten wijken niet wezenlijk af van deze van de Siemens creaties.

Met de door Siemens SITAC gedoopte onderdelen kan men belastingen tot 66 W rechtstreeks schakelen met een besturingsstroom door de LED van slechts 2 mA! Naast de SITAC en een voorschakelweerstand zijn geen andere onderdelen noodzakelijk.
Het praktische schema van een galvanisch gescheiden schakelaar voor kleine netbelastingen met een van de genoemde SITAC's is getekend in figuur 3/8.10.2-4. Een heel verschil met de omvangrijke schakeling uit figuur 3/8.10.2-2! Zelfs het traditionele RC-netwerk over de triac is niet meer noodzakelijk. Bij normale triac's is dit netwerk nodig om de maximale spanningsvariatie per tijdseenheid te begrenzen. De spanning over een triac mag namelijk slechts met een bepaald maximum aantal volt per $\mu$s toenemen. Stijgt de spanning sneller dan bestaat het gevaar dat het onderdeel doorslaat. De triac's in de BRT12 of BRT22 hebben een kritische spannings-steilheid van niet minder dan 10.000 V/$\mu$s en een kritische stroom-steilheid van 10 A/$\mu$s.

## De SITAC's intern

Zoals uit het interne blokschema van figuur 3/8.10.2-5 volgt zijn er in de DIL-6 behuizing drie afzonderlijke chips opgenomen. De eerste bevat de infrarode LED, de twee overigen een fotogevoelige ontvanger en een thyristor. De twee thyristoren zijn anti-parallel geschakeld en voor de buitenwereld lijkt het alsof er een foto-gevoelige triac in de behuizing aanwezig is.



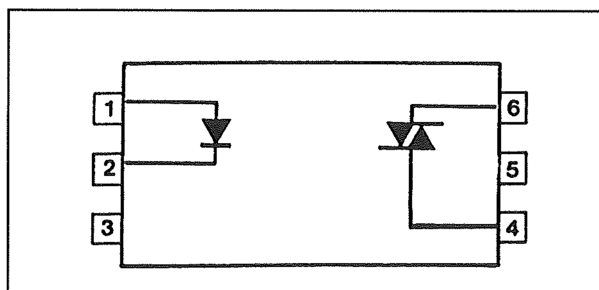

**Figuur 3/8.10.2-5:** Intern blokschema van de SITAC's van Siemens.

Er bestaat een belangrijk verschil tussen de BRT12 en de BRT22. Laatstegenoemd type is voorzien van een geïntegreerde nulspannings-schakelaar. Bij dergelijke schakelingen zal de triac alleen in geleiding worden gestuurd op het moment dat de spanning over het onderdeel nul volt bedraagt. Dit heeft als groot voordeel dat er geen grote inschakel-stromen optreden en er nauwelijks hoogfrequente storingsvelden worden gegenereerd. Men hoeft dus geen ontstoringsspoelen in serie met de belasting op te nemen. De BRT12 heeft deze voorziening niet en daar wordt de triac in geleiding gestuurd op het moment dat de stuurstroom door de LED ontstaat. Als dit gebeurt op het moment dat de netspanning haar maximale waarde heeft

zal de triac op dat moment ontsteken waardoor de belasting opeens een zeer grote piekstroom trekt. Dit plotse vloeien van een zeer snel stijgende stroom heeft tot gevolg dat er een heleboel harmonischen met hoge frequenties ontstaan, die verantwoordelijk zijn voor de hoogfrequente storingsvelden waardoor triac's zo berucht zijn geworden.

Tenzij er een heel goede reden voor is - bijvoorbeeld als men niet tijdens de nuldoorgang kán schakelen omdat men de fase wil aansnijden bij lichtregelingen - wordt dus dringend geadviseerd steeds gebruik te maken van de BRT22.

De SITAC's zijn ondergebracht in de standaard behuizing van optische koppelaars, een dual-in-line huisje met zes pennetjes. Figuur 3/8.10.2-6 geeft de aansluitgegevens.




**Figuur 3/8.10.2-6:** Aansluitgegevens voor alle optische koppelaars met triac.

## Sturen van grotere vermogens

Zoals reeds gezegd zijn de SITAC's in staat maximaal 66 W rechtstreeks te schakelen. In de meeste gevallen zal men dus een uitgangstrap moeten aanbrengen die echter, zoals figuur 3/8.10.2-7 bewijst, de schakeling niet veel complexer maakt. De triac uit de SITAC wordt gebruikt voor het genereren van de ontsteekstroom voor de externe vermogens-triac. De twee in serie geschakelde weerstanden verzorgen de optimale stroomaanpassing voor de triac. Let wel dat het gebruikelijke 'snubber'-netwerk 100 Ω in serie met 10 nF nu wel noodzakelijk is! Het maximale vermogen van deze schakeling wordt alleen bepaald door de eigenschappen van de externe triac. Let er verder op dat de triac werkt met impulsbesturing. Op het moment dat de LED in de SITAC oplicht gaat de interne triac geleiden. De momentele waarde van de netspanning wordt via de belasting, de interne triac en de weerstand van 47Ω aan de gate van de externe triac aangeboden. Dit onderdeel ontsteekt waardoor de stuurstroom voor de gate wegvalt. In de meeste gevallen is dat geen probleem. Men moet er echter wel voor zorgen dat de triac zo zwaar belast wordt dat de stroom boven de houd-grens blijft. Een triac gaat immers weer sperren als, na het wegvallen van de gate-stroom, de stroom onder een bepaalde kritische waarde, houd-stroom genoemd, daalt.

## Technische gegevens van de SITAC's

In het kort een overzicht van de parameters van deze zeer nuttige onderdelen.

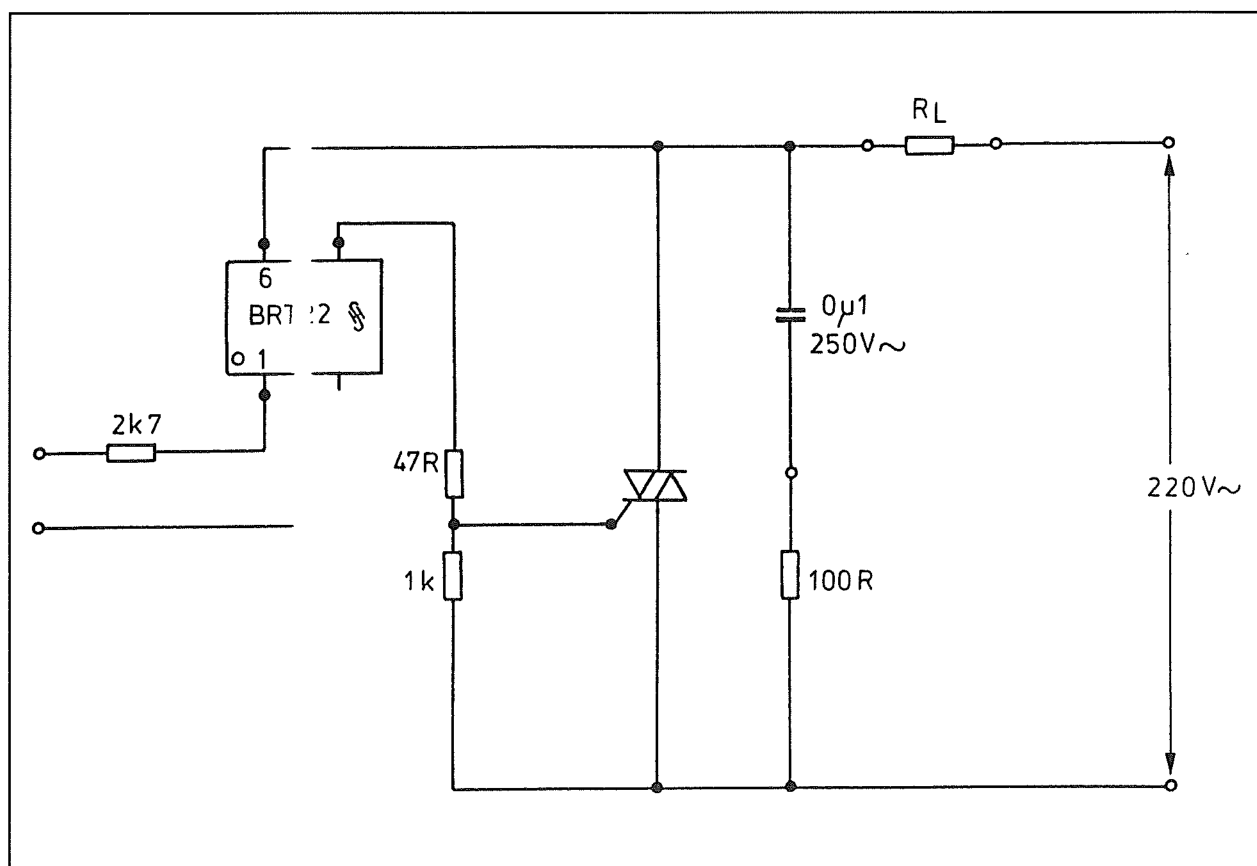
- temperatuursbereik: -40 → +100 °C
- maximaal totaal vermogen: 525 mW
- isolatiespanning: 5300 V
- kruiplengte: 8,2 mm
- maximale spanning over triac: 600 V~
- maximale effectieve stroom: 300 mA~
- maximale piekstroom gedurende een 50 Hz periode: 3 A~
- maximaal vermogen triac: 500 mW
- maximale restspanning bij geleiding: 2,3 V~
- houdstroom: 1 mA~
- maximale sperspanning LED: 6 V
- maximale continu-stroom LED: 20 mA

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

- maximale piekstroom LED: 1,5 A (10 $\mu$s)
- maximaal vermogen LED: 25 mW
- geleidingsspanning LED: 1,5 V bij 10 mA

## Belangrijke opmerking

Bij de aankoop van optische koppelaars volgens dit principe moet men er rekening mee houden dat er amerikaanse types op de markt zijn die ontworpen zijn voor het amerikaanse 110 V~-net en die niet bestand zijn tegen onze 220 V~!
Typische voorbeelden zijn de MOC 3009, 3010, 3011, 3012, 3030, 3031 en 3032 van Motorola. Wel bruikbaar van deze fabrikant zijn de MOC 3020, 3021, 3022, 3040 en 3041.




**Figuur 3/8.10.2-7:** Hogere vermogens kunnen worden gecontroleerd door de SITAC te gebruiken als 'aanjager' voor een zwaardere triac.

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper

# 3/8.10.3

# Symmetrische voeding uit batterij

## Inleiding

De elektronische industrie maakt steeds zuiniger geïntegreerde schakelingen, zodat het steeds meer zin heeft schakelingen zo te ontwerpen dat voeding uit een batterij mogelijk is. Digitale schakelingen kunnen zonder problemen uit een 6 V batterij gevoed worden. Bij analoge schakelingen doet zich echter soms het feit voor dat het ontwerpen van de elektronica heel wat gemakkelijker zou zijn als men met symmetrische voedingen kon werken. Denk maar aan allerhande schakelingen met operationele versterkers, waarbij een heleboel instelweerstanden en scheidingscondensatoren kunnen vervallen als men de op-ampjes uit twee numeriek even grote maar tegengestelde spanningen kan voeden.
Natuurlijk kan men twee batterijen inbouwen, maar dit is uit ruimteoverwegingen niet altijd praktisch.

In principe is het niet zo gecompliceerd om met discrete componenten een spanningsomvormer samen te stellen die uit de beschikbare +9 V batterijspanning een hulpspanninkje van -6 V afleidt. Maar waarom al die moeite doen als de industrie ons een kant en klaar alternatief in de schoot werpt?

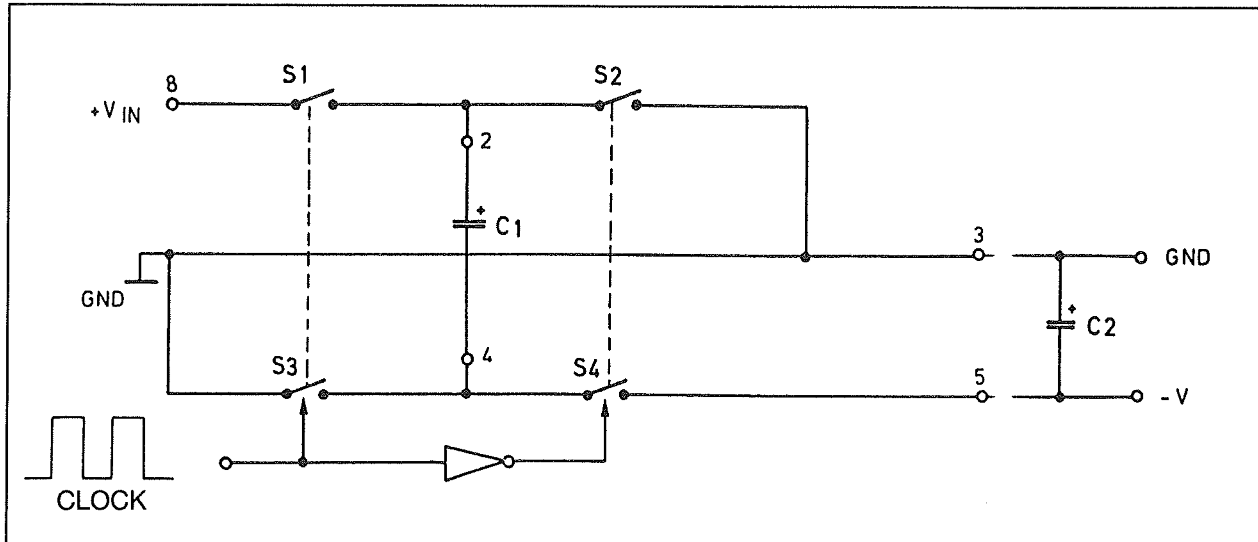
## De ICL 7660 van Maxim

Door de innovatieve amerikaanse IC-fabrikant Maxim wordt een volledig geïntegreerde spanningsomvormer onder code ICL 7660 op de markt gebracht. Deze schakeling wekt uit een bepaalde positieve voedingsspanning een even grote negatieve spanning op. Naast het IC heeft men nog twee kleine elektrolytische condensatoren nodig. Het eigen verbruik van de schakeling is zeer laag (200 tot 500 mW) zodat de batterij niet extra belast wordt en een rendement van meer dan 98% mogelijk is. Uiteraard is het IC niet in staat grote stromen te leveren. Toch daalt de negatieve uitgangsspanning met maar ongeveer 1 V als de negatieve voeding met 20 mA belast wordt. En met 20 mA kan men tegenwoordig met zorgvuldig en zuinig ontwerpen al heel wat beginnen!

## Het werkings-principe

De werking van het IC volgt uit het interne principe-schema van figuur 3/8.10.3-1.
Het IC is opgebouwd uit een interne oscillator (niet ingetekend in het schema), een invertor en vier elektronische schakelaars S1 tot en met S4. De twee condensatoren C1 en C2 worden extern op het IC aangesloten.

In de eerste helft van een periode worden S1 en S3 gesloten en blijven S2 en S4 geopend. De condensator C1 is verbonden



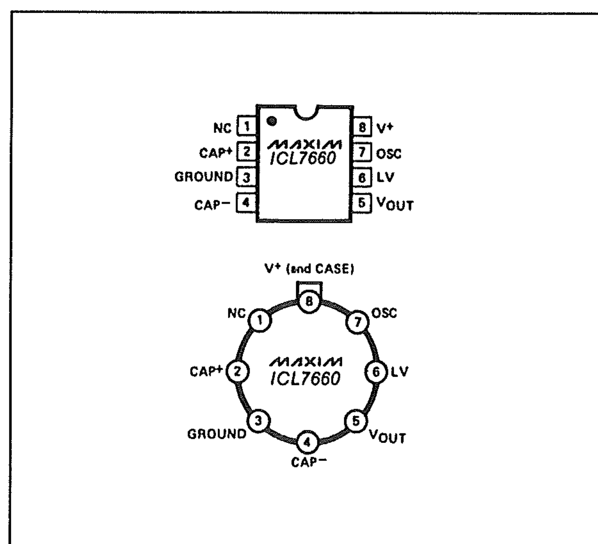

**Figuur 3/8.10.3-1:** De werking van de schakeling toegelicht aan de hand van het vereenvoudigd intern blokschema.

met de positieve voedingsspanning en zal tot deze spanning opladen. De condensator C2 is losgekoppeld.
In de tweede helft van een periode openen S1 en S3 en sluiten S2 en S4. De condensator C1 wordt nu met de uitgang verbonden, waarbij S2 de positieve pool aan de massa legt en S4 de negatieve pool aan de uitgang. De condensator C1 komt dus parallel te staan aan C2 en zal zijn lading overdragen op deze tweede condensator. Op pen 5 ontstaat een negatieve spanning ten opzichte van de massa.

Bij de volgende syclus laadt C1 weer op uit de positieve spanning en draagt nadien zijn lading weer omgepoold over op C2.

## Aansluitgegevens

De aansluitgegevens van het IC zijn getekend in figuur 3/8.10.3-2.
Het IC is zowel in dual-in-line als in ronde TO-behuizing leverbaar.




**Figuur 3/8.10.3-2:** De aansluitgegevens van de twee uitvoeringen van de ICL 7660.

Enige aansluitingen zijn nog niet besproken.

Pen 6 (LV) wordt bij voedingsspanningen die kleiner zijn dan 3,5 V met de massa verbonden. Op deze manier worden span-

ningsvallen in het IC zelf gecompenseerd. Als de voedingsspanning echter hoger is moet deze pen open blijven. Een naar massa geschakelde pen 6 kan bij hogere voedingsspanningen dan 3,5 V tot thermische vernieling van het IC leiden!
De interne oscillator werkt met een frequentie van ongeveer 10 kHz. De condensator C2 wordt dan met een frequentie van 5 kHz opgeladen uit C1. De frequentie van de interne oscillator kan verlaagd worden door het aanbrengen van een condensator tussen pen 7 en de voedingsspanning. Een condensator van 10 pF verlaagt de frequentie tot 8 kHz, bij 100 pF wordt de frequentie 1 kHz en bij 1 nF slechts 110 Hz. Het verlagen van de frequentie heeft als voordeel dat het rendement van de schakeling vergroot en er dus minder vermogen verloren gaat in de elektronische schakelaars in het IC. Nadeel is evenwel dat de condensatoren C1 en C2 vergroot moeten worden als men de oscillator-frequentie verlaagt.

Bij het toepassen van de schakeling in gevoelige laagfrequent voorversterkers kan een deel van de oscillator-frequentie doordringen tot de versterker-schakeling en een onaangename fluittoon veroorzaken. Men doet er dan verstandig aan de oscillator-frequentie te verhogen tot boven het hoorbare gebied. Dit kan door een externe blokspanning via een serieweerstand van 1 kΩ aan pen 7 aan te leggen. De rimpel-frequentie over de condensator C2 is gelijk aan de helft van deze externe oscillator-frequentie. De blokspanning moet heen en weer schakelen tussen de massa en de positieve voedingsspanning. Zou de schakeling niet reageren op de externe clock, dan kan men een pull-up weerstand van 10 kΩ schakelen tussen pen 7 en de positieve voeding. Men moet er echter wel rekening mee houden dat het rendement van de schakeling daalt naarmate de frequentie stijgt en de eigen dissipatie van het IC toeneemt.

## De rimpel op de negatieve uitgang

Condensator C2 wordt gedurende de helft van een cyclus opgeladen uit C1 en gedurende de tweede helft van de syclus ontladen door de op de negatieve voedingsspanning aangesloten belasting. Het gevolg is dat er over deze condensator een rimpelspanning ontstaat waarvan de frequentie gelijk is aan de helft van de oscillator-frequentie. De grootte van deze rimpel kan berekend worden met de formule:

$$U_r = f_{osc}\, I_L / C_2$$

met:

$U_r$ in mV;
$I_L$ in mA;
$C_2$ in $\mu$F;
$f_{osc}$ in kHz.

Bij een oscillator-frequentie van 10 kHz, een belastingsstroom van 10 mA en een condensator van 10 $\mu$F bedraagt de rimpel ongeveer 10 mV.

## Toepassing 1: -5 V uit +5 V

Bij digitale frequentie-meters kan men een -5 V voedingsspanning voor bijvoorbeeld de analoge ingangsversterker afleiden uit de beschikbare +5 V voeding volgens het schema van figuur 3/8.10.3-3. De negatieve voeding kan met maximaal 10 mA belast worden waarbij de spanningsval ongeveer 1 V bedraagt.

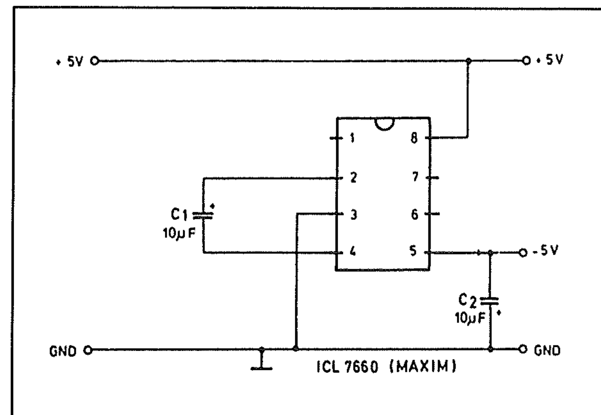
## Toepassing 2: symmetrische voeding uit 9 V batterij

Figuur 3/8.10.3-4 geeft het schema van een gestabiliseerde symmetrische voeding voor +/-5 V uit een 9 V batterij. De frequentie van de interne oscillator wordt door het aanbrengen van $C_{osz}$ verlaagd tot ongeveer 1 kHz. Dit heeft tot gevolg dat de condensatoren C1 en C2 tot 100 $\mu$F verhoogd moeten worden. De negatieve en positieve spanningen worden met standaard geïntegreerde spanningsstabilisatoren IC2 en IC3 gereduceerd tot +/-5 V. Deze schakeling kan maximaal 40 mA leveren.

## Overzicht specificaties

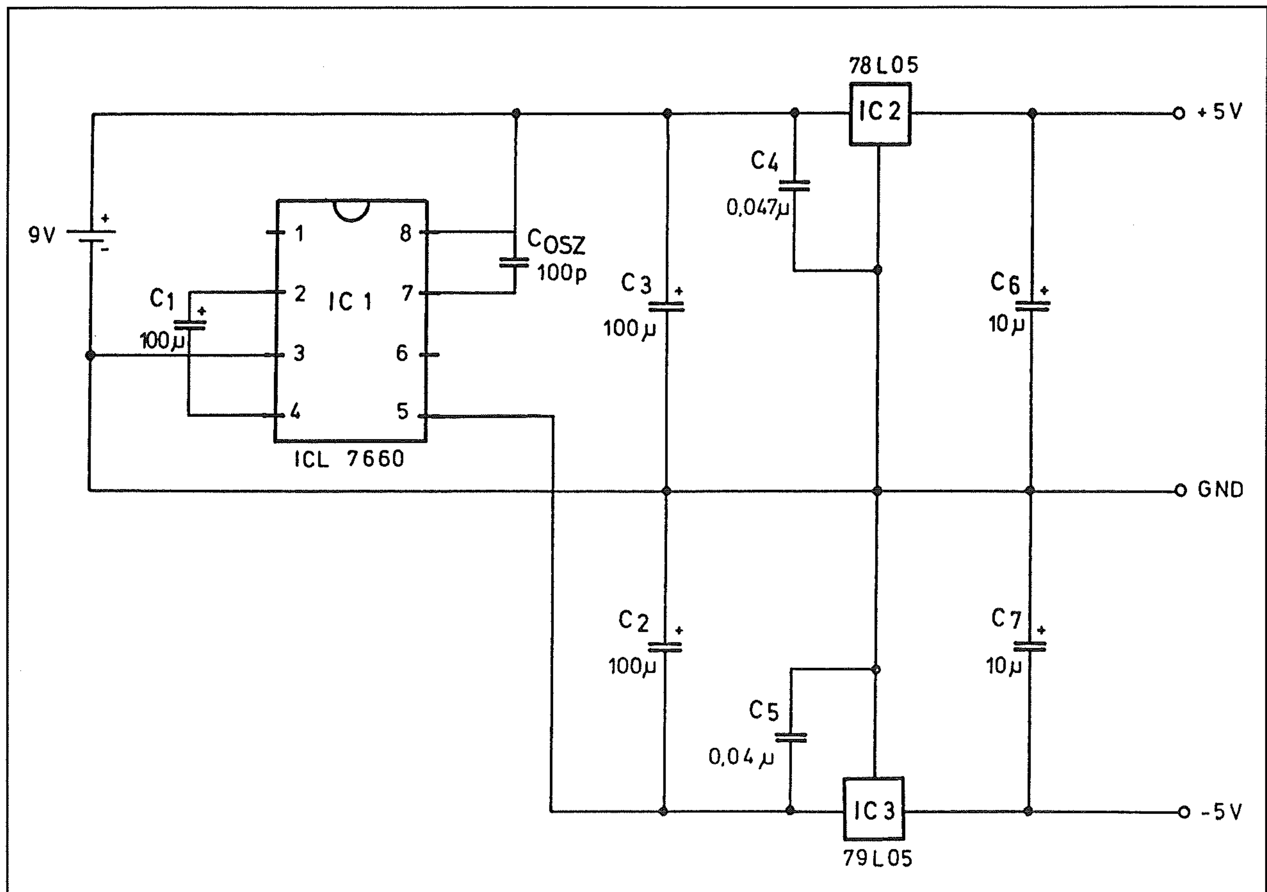
In het kort de specificaties van de ICL 7660.

- eigen stroomverbruik: 110 $\mu$A typisch;
- voedingsspanning: +3,0 → +10 V;
- uitgangsweerstand: 55 Ω typisch;
- oscillator-frequentie: 10 kHz typisch.




**Figuur 3/8.10.3-3:** Basis-schema voor het opwekken van een negatieve voedingsspanning uit een positieve voedingsspanning.

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper




**Figuur 3/8.10.3-4:** Gestabiliseerde symmetrische voeding van +/-5 V uit een 9 V batterij met een stroomcapaciteit van 40 mA.

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper

# 3/8.10.8

# Tussen batterij en schakeling

## Inleiding

### Batterijen stellen eisen

Een speciaal probleem wordt gesteld als men schakelingen moet ontwerpen die ingebouwd worden in draagbare apparaten.
Dat deel van de schakeling waar men normaal niet eens meer bij nadenkt, namelijk de voeding, wordt dan opeens een punt waaraan men grote aandacht moet besteden.

Bij netspanningsgevoede apparatuur kan men volstaan met het inbouwen van een trafo, een bruggelijkrichter, enige grote afvlakcondensatoren en de nodige geïntegreerde stabilisatoren. Problemen met stroomopname en vermogen zijn nauwelijks aanwezig en er is voldoende spanningsreserve beschikbaar om zonder enig probleem goed gestabiliseerde voedingspanningen aan de schakeling te leveren.

Als men echter de nodige voedingspanningen uit een batterij of een accu moet afleiden, dan doemen een aantal problemen op.

- Batterijen of accu's zijn groot en duur en nemen dus veel plaats in in de draagbare apparatuur. Men zal dus moeten proberen de noodzakelijke voedingspanningen uit een zo klein mogelijke batterijspanning af te leiden.
  Men moet dus woekeren met de spanningsreserve tussen de ongestabiliseerde batterijspanning en de gestabiliseerde voedingsspanning.

- Het is om hogergenoemde redenen in de meeste gevallen onmogelijk afzonderlijke batterijen te gebruiken voor het opwekken van symmetrische voedingspanningen. Als het absoluut onmogelijk is de schakeling uit een enkelvoudige voeding te voeden, dan zal men speciale schakelingen in de voeding moeten opnemen, die uit de positieve batterijspanning een negatieve hulpspanning opwekken.

- De meeste schakelingen kunnen tegenwoordig wel zo ontworpen worden dat het mogelijk is gebruik te maken van lage voedingspanningen. Af en toe zal men echter toch geconfronteerd worden met een schakeling, die uit een veel hogere spanning gevoed moet worden dan de batterij levert. Een typisch voorbeeld is de afstemunit van varicap-tuners, waarbij voor het instellen van de capaciteits-dioden spanningen van rond de 20 V noodzakelijk zijn. In dat geval zal men de voeding moeten uitbreiden met een schakeling die uit de lage batterijspanning een hogere hulpspanning afleidt.

- Batterijen hebben een tamelijk hoge inwendige weerstand, weerstand die bovendien toeneemt naarmate de batterijen leeg raken. Ook dat is een factor waarmee men bij het ontwerpen van de voeding terdege rekening moet houden.

- Uit de aard der zaak zal de spanning die de batterij levert langzaam dalen naarmate de batterij wordt uitgeput. Het eerste gedeelte van deze ontlaadcurve kan nog wel opgevangen worden door de speciale stabilisatoren die op de markt zijn. Op een bepaald moment zal echter de batterijspanning zo laag worden dat de stabilisatoren niet meer goed werken. Het gevolg is dat de voedingspanningen niet meer gestabiliseerd zijn en lager worden dan de bedoeling is. Dit kan tot gevolg hebben dat bepaalde kritische schakelingen niet goed meer werken. Het is dus noodzakelijk in de voeding een systeem op te nemen, dat de waarde van de batterijspanning continu bewaakt en een alarm geeft als de spanning onder een bepaalde kritische grens daalt.

- Ieder apparaat bezit een AAN/UIT indicatie, meestal onder de vorm van een LED die aangeeft dat het apparaat is ingeschakeld. In een netgevoed apparaat volstaat het die LED via een voorschakelweerstand met de voedingsspanning te verbinden, maar vanwege het grote stroomverbruik van een LED moet men zelfs voor deze simpele schakeling bij batterijgevoede apparatuur speciale IC's inzetten.

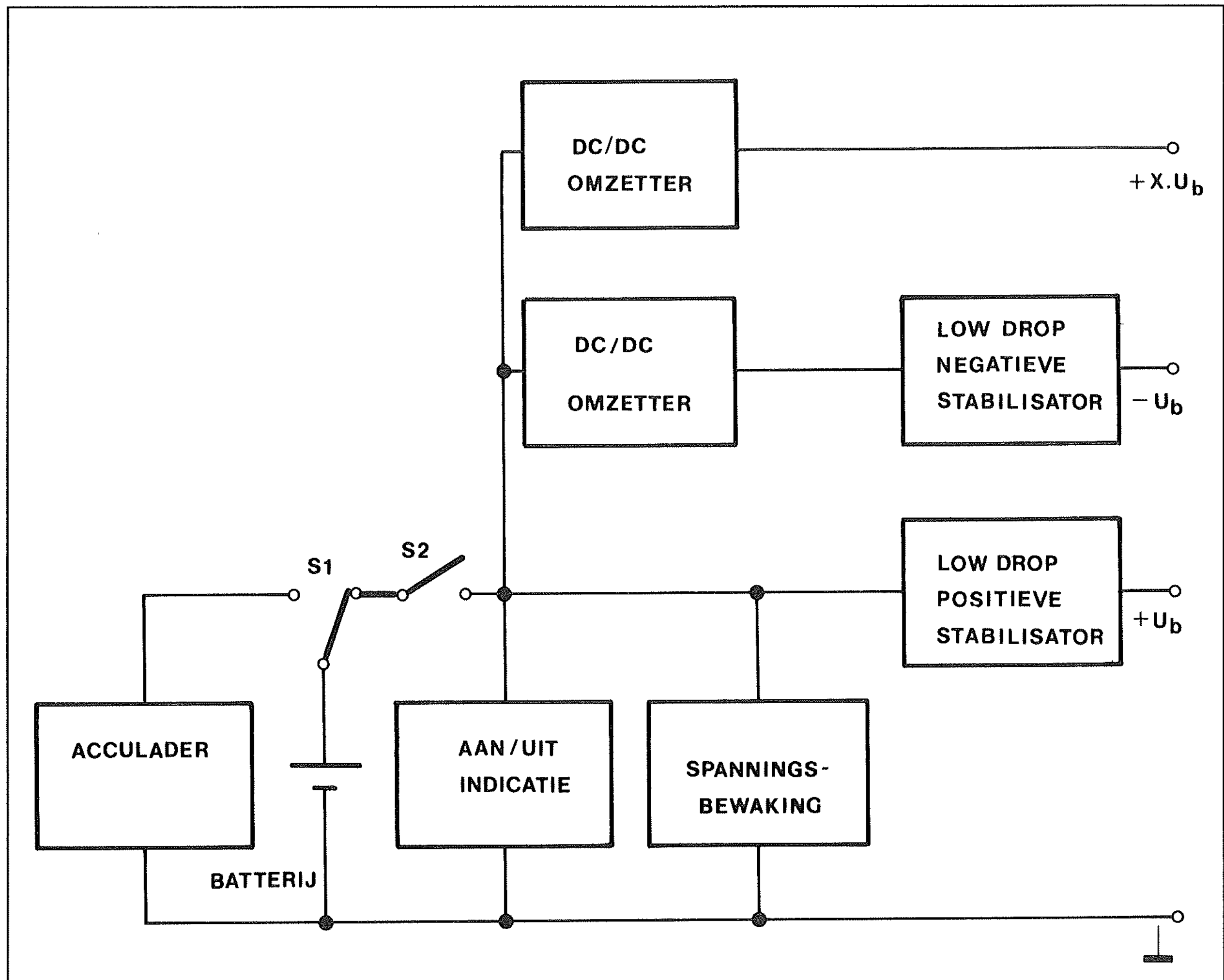
- Steeds vaker gaat men er toe over draagbare apparatuur te voeden uit heroplaadbare batterijen, zogenaamde NiCad's. Deze nikkel-cadmium accumulatoren zijn weliswaar veel duurder in de aanschaf, maar hebben bij zorgvuldige behandeling een zeer lange levensduur. Men moet dan echter wel een laadschakeling in de voeding opnemen, waarmee de NiCad's regelmatig opgeladen kunnen worden. Door de specifieke karakteristieken van dit soort accumulatoren is dat echter alles behalve eenvoudig.

Men kan dus samenvatten dat er bij het ontwerpen van de voeding van draagbare apparatuur nogal wat komt kijken. De voeding van een batterijgevoede schakeling zal, hoe vreemd dat ook mag klinken, er heel wat ingewikkelder uitzien dan de voeding van een netgevoede schakeling.
Over deze extra voedingsschakelingen, opgenomen "tussen batterij en schakeling" zal in dit artikel de nodige informatie worden gegeven.
Naast de noodzakelijke algemene achtergrondinformatie zal aandacht worden besteed aan enige soorten IC's die men bij het ontwerpen van netgevoede schakelingen nooit nodig heeft, maar die uitstekend van pas komen bij batterij- of accugevoede apparatuur.

**Voedingsschema van een batterij- of accu-gevoed apparaat**
In figuur 3/8.10.8-1 is het meest universele blokschema van de voeding van een batterijgevoed apparaat getekend.
Rond de primaire voeding, de batterij of accu die de nettrafo, gelijkrichter en afvlakelco vervangt, treft men enige groepen schakelingen aan die specifiek zijn voor deze toepassing.

Een kort overzicht van de verschillende blokken.
- Spanningsbewaking

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.8-1:** Het algemene blokschema van de voeding van een batterij-gevoede schakeling.

De bedrijfsspanning van een batterij of een accu zal naarmate het apparaat langer gebruikt wordt langzaam afnemen. Er bestaat een bepaalde onderste spanningsgrens, waarbij de goede werking van het apparaat niet meer gegarandeerd is. Men zal daarom een "voltage supervisor" of "undervoltage detector" moeten inschakelen die de waarde van de batterij- of accu-spanning bewaakt en een alarm stuurt als de spanning onder de drempel zakt.

- Low drop + en -stabilisatoren

De standaard stabilisatoren zijn niet zo geschikt voor gebruik in draagbare apparatuur. Niet alleen hebben deze schakelingen een vrij grote eigen dissipatie die de batterijen onnodig uitput. Het grootste bezwaar is dat deze schakelingen een minimale spanning van 1,5 à 2,5 V tussen de in- en de uitgang moeten hebben om goed te werken. Uitgaande van een accuspanning van 6 V en een voedingsspanning van 5 V is er echter slechts 1 V beschikbaar voor het instellen van de stabilisator. Dit probleem

kan worden opgelost door gebruik te maken van de zogenaamde "(very) low drop regulators", waarbij de minimale spanning over het IC is teruggebracht tot 0,4 à 0,6 V.

- DC/DC omzetters
  Voor bepaalde schakelingen zal de beschikbare spanning te laag zijn. Ook kan het voorkomen dat men niet zonder symmetrische voedingspanningen kan werken. In deze gevallen moet men een beroep doen op de zogenaamde "DC/DC convertors", die de batterijspanning omzetten in een even grote negatieve spanning of de waarde van de spanning verdubbelen.
- Accu-lader
  Hoewel er ontelbare goedkope losse laders in de handel zijn neemt de gebruiksvriendelijkheid van een apparaat toe als deze laadvoorziening is ingebouwd. Sinds kort zijn er speciale IC's op de markt, die het niet probleemloze opladen van nikkelcadmium accumulatoren volledig automatiseren.
- AAN/UIT indicatie
  Eén hoog-efficiënte LED verbruikt even veel vermogen als tientallen moderne low power IC's. Constant brandende LED-indicatoren zijn dan ook niet toepasbaar in draagbare apparatuur. Diverse fabrikanten leveren echter zogenaamde "LED-flashers", IC's die korte maar hoge stroompieken door een LED sturen, waardoor de indicator korte, intensieve en goed waarneembare lichtpulsen afgeeft terwijl de gemiddelde stroomopname vaak onder de 1 mA ligt.

In de volgende paragrafen worden van alle blokken enige voorbeeld-IC's besproken.

# Voltage supervisors

## Principiële werking

De basis-werking van de zogenaamde "voltage supervisors" of "under/overvoltage detectors" is zeer eenvoudig. Deze IC's beschikken over een interne bandgapreferentie met een spanning van 1,5 of 2,5 V. In een of twee comparatoren wordt deze referentiespanning vergeleken met een extern toe te voeren signaal. Als deze externe spanning kleiner wordt dan de referentie zal een uitgang geactiveerd worden. Met deze uitgang kan men een LED sturen die dan gaat oplichten als de batterijspanning onder een bepaalde waarde zakt.

Zoals de naam reeds doet vermoeden beschikken de "under/overvoltage detectors" ook over een mogelijkheid een maximale waarde van de batterijspanning te bewaken. Dit kan handig zijn in apparatuur die zowel uit ingebouwde batterijen als uit een externe netvoeding (stekervoeding!) gevoed kan worden. Als deze voeding een te hoge spanning afgeeft kan men dit met zo'n dubbele schakeling controleren. De werking van het overvoltage deel is in principe gelijk. Het enige verschil is dat een uitgang wordt geactiveerd als de spanning op de comparator groter wordt dan de waarde van de interne referentie.

Nu heeft men er weinig aan een LED aan te sturen als de voedingsspanning te groot wordt. Als deze LED gaat branden is het al te laat en zijn er misschien al onderdelen gesneuveld door de te hoge spanning. Vandaar dat men een wel heel radikaal middel inschakelt. De overvoltage uitgang stuurt de gate van een thyristor die over de voeding geschakeld is. Als de voedingsspanning te groot wordt gaat deze thyristor geleiden en sluit de voeding kort. De in de voeding gemonteerde zekering smelt en de

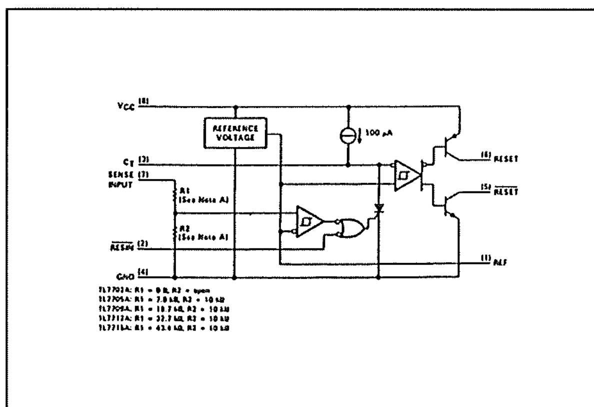
schakelingen worden beveiligd tegen een te hoge voedingsspanning.

## TL 77xx-serie

Door Texas Instruments worden vijf schakelingen aangeboden die door hun "xx"-code de spanningsdrempel definiëren waarbij zij hun uitgang activeren. Een overzicht:

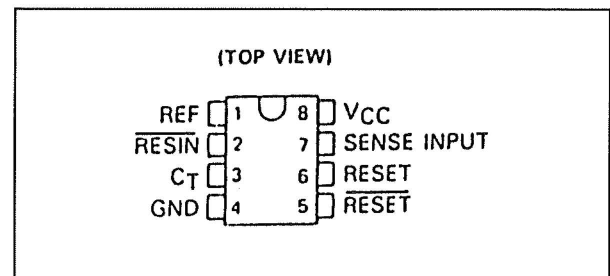
- TL 7702: 2,48 → 2,58 V;
- TL 7705: 4,50 → 4,60 V;
- TL 7709: 7,50 → 7,70 V;
- TL 7712: 10,6 → 11,0 V;
- TL 7715: 13,2 → 13,8 V.

Het interne blokschema is getekend in figuur 3/8.10.8-2, de aansluitgegevens zijn gegeven in figuur 3/8.10.8-3.

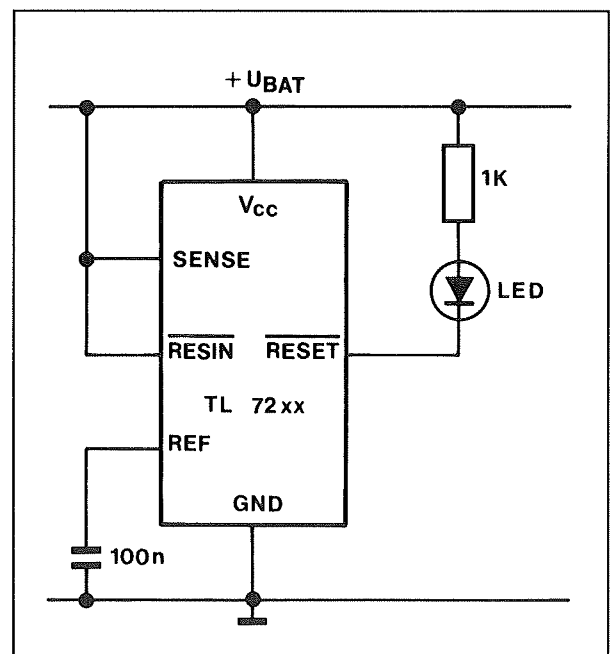


**Figuur 3/8.10.8-2:** Intern blokschema van de TL 77xx-serie.

Bij de meest eenvoudige schakeling worden de SENSE INPUT en de NIET-RESIN met de batterijspanning verbonden. De twee interne uitgangstransistoren gaan geleiden als de batterijspanning onder de eigen drempelwaarde van het IC zakt. De uitgangen kunnen belast worden met stromen tot 16 mA, zodat men bijvoorbeeld tussen de voeding en de NIET-RESET een LED + voorschakelweerstand kan aansluiten. De REF-uitgang moet ontkoppeld worden met een condensator naar de massa. Het basisschema met een TL 77xx IC is getekend in figuur 3/8.10.8-4.




**Figuur 3/8.10.8-3:** Aansluitgegevens van de TL 77xx IC's.




**Figuur 3/8.10.8-4:** Voorbeeldschakeling met de TL 77xx.

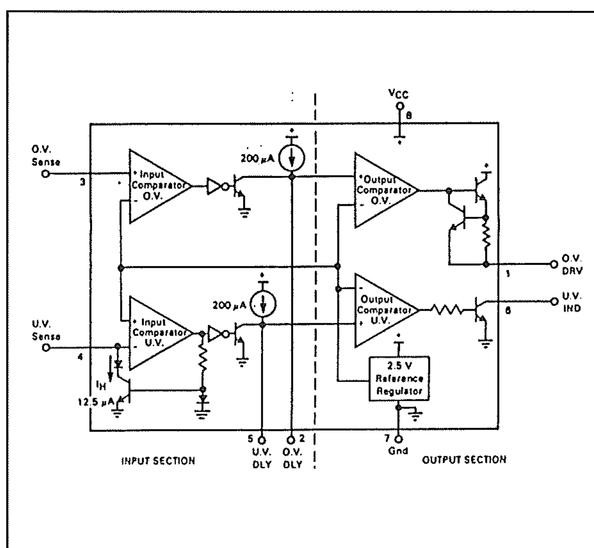
De interne drempel van de Schmitt-trigger ligt op 2,5 V. Door de interne spanningsdeler R1/R2 aan te vullen met een extra weerstand, in serie geschakeld tussen de voeding en de SENSE INPUT kan men iedere gewenste externe drempelspanning instellen. De externe weer-

stand moet zo berekend worden dat op het knooppunt van R1 en R2 een spanning van 2,5 V staat als de accuspanning gelijk wordt aan de gewenste drempelwaarde.

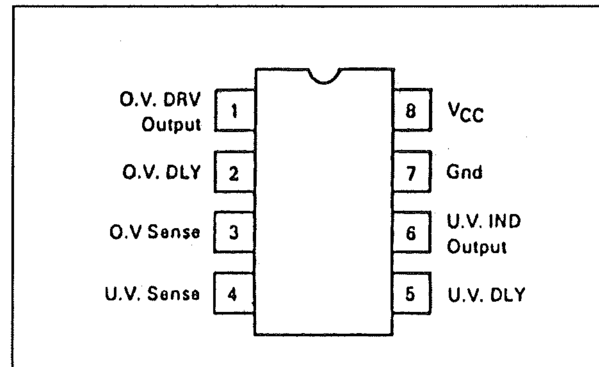
De TL 77xx serie verbruikt een eigen stroom van 1,5 mA en is bruikbaar tot een minimale voedingsspanning van 4,5 V.

## MC 3425 en MC 3525

De MC 3425 en MC 3525, die alleen verschillen in temperatuursbereik, zijn twee schakelingen van Motorola die door middel van twee comparatoren zowel een onder- als een bovendrempel van de batterijspanning controleren. Beide comparatoren hebben een eigen drempel van 2,5 V en de gewenste drempels van de batterijspanning moeten door middel van twee weerstandsdelers omgerekend worden naar deze waarde. Het interne blokschema van deze schakelingen is getekend in figuur 3/8.10.8-5, de aansluitgegevens volgen uit figuur 3/8.10.8-6.




**Figuur 3/8.10.8-5:** Intern blokschema van de MC 3425 en MC 3525.




**Figuur 3/8.10.8-6:** Aansluitgegevens van de MC 3425 en MC 3525.

Als de batterijspanning groter wordt dan de bovenste drempel (OV SENSE) wordt de OV DRV uitgang met de voeding verbonden. Als de batterijspanning lager wordt dan de drempel die op UV SENSE is ingesteld, wordt de UV IND uitgang naar de massa getrokken.

Figuur 3/8.10.8-7 geeft het basisschema rond deze Motorola IC's. Met R3/R4 wordt de bovenste drempel ingesteld, de OV-DRV uitgang stuurt de gate van een thyristor. Deze gaat geleiden, de voeding wordt kortgesloten en de zekering F1 smelt door. De schakeling wordt beveiligd tegen een te hoge spanning. Met R1/R2 wordt de onderste drempel ingesteld. Als deze wordt bereikt gaat UV-IND naar nul, de LED D2 wordt via de voorschakelweerstand R5 met de voeding verbonden.

De MC 3x25 schakelingen verbruiken een eigen stroom van 8,5 mA, leveren 300 mA aan de OV-DRV uitgang en kunnen 30 mA via de UV-IND uitgang opnemen. De minimale voedingsspanning bedraagt 4,5 V.

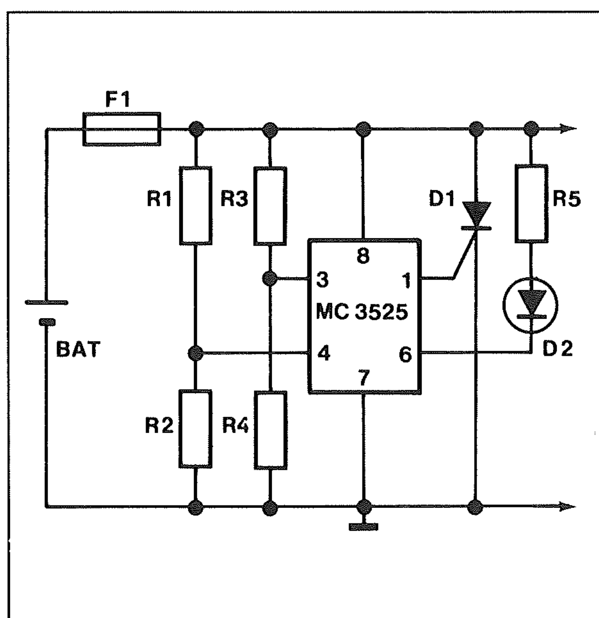
## ICL 7665

Van dit IC, dat door Intersil of Maxim op

de markt wordt gebracht, zijn het interne blokschema en de aansluitgegevens getekend in de figuren 3/8.10.8-8 en 3/8.10.8-9.

Dit IC beschikt over 2 SET-ingangen en vergelijkt in twee comparatoren de spanningen op deze ingangen met een interne referentie van 1,3 V. Als de spanning op SET2 kleiner wordt dan 1,3 V gaat de OUT2 naar de massa. Als de spanning op SET1 groter wordt dan 1,3 V gaat OUT1 naar de massa. Deze werking is samengevat in de waarheidstabel van figuur 3/8.10.8-10.

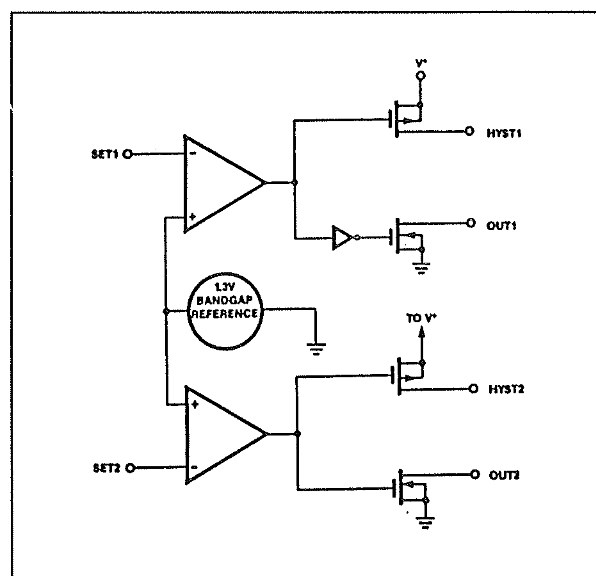
Door middel van de HYST-uitgangen kan men eventueel aan beide drempels een hysteresisch toekennen. De twee OUT-uitgangen kunnen belast worden met 20 mA, de twee HYST-uitgangen kunnen 25 mA leveren.




**Figuur 3/8.10.8-7:** Voorbeeldschakeling met de MC 3x25 IC's.

Het eenvoudigste toepassingsschema van de ICL 7665 is getekend in figuur 3/8.10.8-11.

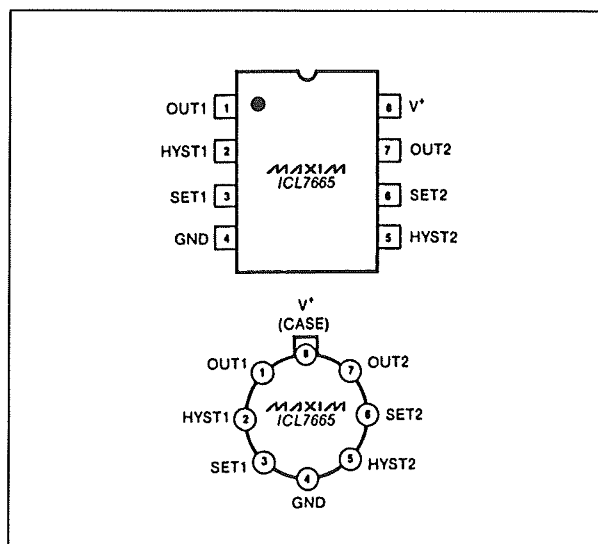
Dit IC wordt gekarakteriseerd door een zeer laag eigen stroomverbruik van slechts 3 $\mu$A en een voedingsbereik van 1,6 tot 16 V. De twee SET-ingangen zijn zeer hoogohmig, de spanningsdelers die de drempels instellen kunnen dus zeer hoogohmig worden uitgevoerd.




**Figuur 3/8.10.8-8:** Intern blokschema van de ICL 7665.

## MAX 8211, MAX 8212

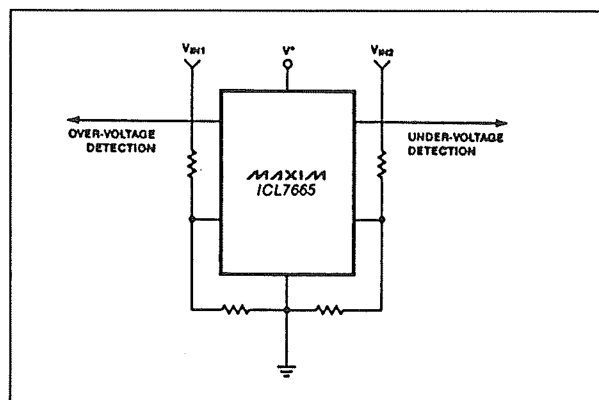
Deze Maxim-IC's bieden een zeer eenvoudige mogelijkheid om de accuspanning zowel naar onder als naar boven te bewaken. Zoals uit de interne blokschema's van figuur 3/8.10.8-12 volgt, zal de uitgang van de MAX 8211 (bovenste schema) naar de massa getrokken worden als de spanning op de THRESHOLD-ingang lager wordt dan 1,15 V. Door mid-




**Figuur 3/8.10.8-9:** Aansluitgegevens van de ICL 7665.

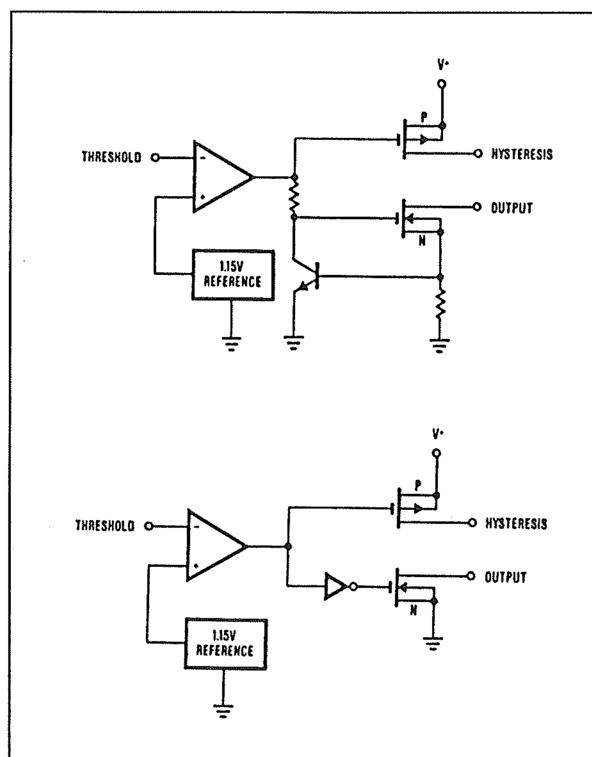
| INPUT* | OUTPUT | HYSTERESIS |
|---|---|---|
| $V_{SET1}$ > 1.3V | OUT1 = ON = LOW | HYST1 = ON = HI |
| $V_{SET1}$ < 1.3V | OUT = OFF = HI | HYST1 = OFF = LOW |
| $V_{SET2}$ > 1.3V | OUT2 = OFF = HI | HYST2 = ON = HI |
| $V_{SET2}$ < 1.3V | OUT2 = ON = LOW | HYST2 = OFF = LOW |

**Figuur 3/8.10.8-10:** Waarheidstabel van de ICL 7665.




**Figuur 3/8.10.8-11:** Voorbeeldschakeling met de ICL 7665.

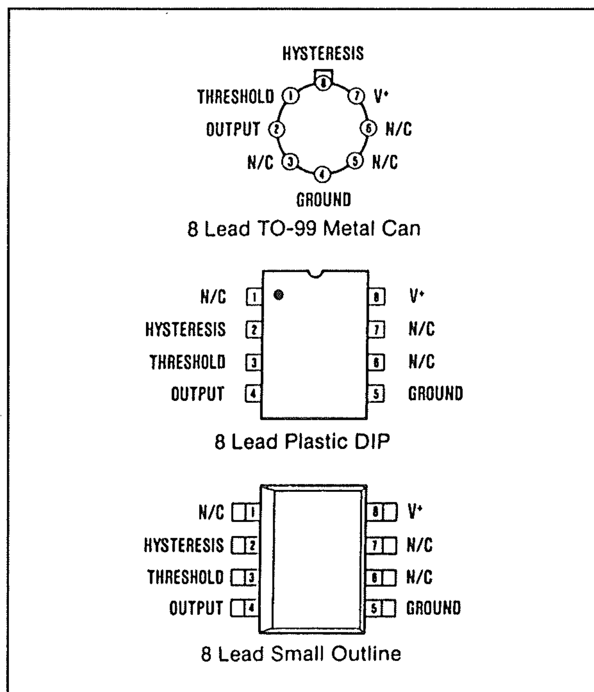
del van de HYSTERESIS-uitgang, die dan hoog wordt, kan men eventueel een hysteresisch aanbrengen op de drempel. Bij de MAX 8212 (onderste schema) gebeurt hetzelfde als de spanning op de THRESHOLD groter wordt dan 1,15 V. Het tweede verschil tussen beide schakelingen is dat de uitgang van de MAX 8211 een interne stroombegrenzing heeft, die de maximaal op te nemen stroom in de uitgang begrenst op 7 mA. Men kan dus een LED zonder voorschakelweerstand op deze uitgang aansluiten.




**Figuur 3/8.10.8-12:** Interne blokschema's van de MAX 8211 (boven) en van de MAX 8212.

De aansluitgegevens van de drie beschikbare behuizingen zijn getekend in figuur 3/8.10.8-13.

Het voedingsbereik ligt tussen de 2 en de 16,5 V, het eigen stroomverbruik bedraagt slechts 5 $\mu$A. De uitgang van de MAX 8212 kan met 30 mA belast worden, de HYSTERESIS kan maximaal 10 mA leveren bij beide schakelingen.



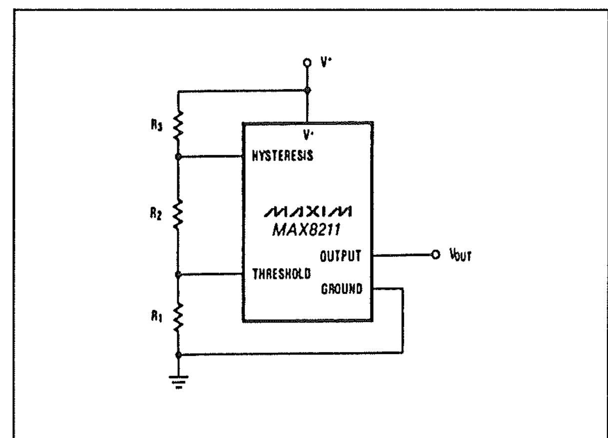

**Figuur 3/8.10.8-13:** Aansluitgegevens van de MAX 8211 en 8212.

In figuur 3/8.10.8-14 is een voorbeeldschakeling met de MAX 8211 getekend, waarbij de uitgang laag wordt als de voedingsspanning onder de 4,5 V daalt.

# AAN/UIT-indicatie

## Inleiding

De noodzaak van een optische indicatie van het ingeschakeld zijn van een apparaat is bij batterijgevoede apparatuur nog groter dan bij netgevoede schakelingen. Hoe vaak gebeurt het immers niet dat men bij bijvoorbeeld een batterijgevoede digitale condensator-meter vergeet de AAN/UIT schakelaar uit te zetten en bij het volgende gebruik vaststelt dat de batterijen volledig leeg zijn?




**Figuur 3/8.10.8-14:** Voorbeeldschakeling met de MAX 8211.

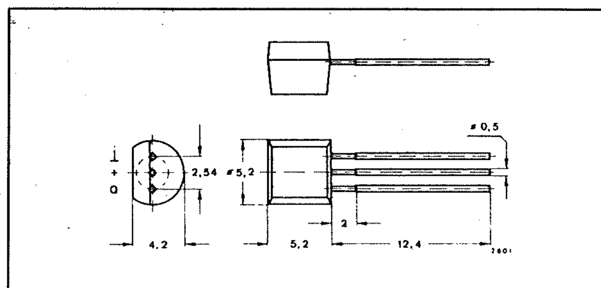
Zoals reeds gesteld in de inleiding is het probleem dat een normale LED een 10 mA nodig heeft en dat bovendien het grootste gedeelte van het vermogen verloren gaat in de noodzakelijke serieweerstand. Zo'n vermogenverbruik put de batterijen uit en is volstrekt onpraktisch. Vandaar dat een aantal IC-fabrikanten zogenaamde "LED-flashers" op de markt heeft gebracht die intensieve maar zeer smalle stroompulsen met een frequentie van enige tienden Hz door de LED sturen. Vanwege de zeer kleine traagheid zal de LED fel oplichten, maar zal het gemiddelde stroomverbruik toch laag zijn.

## U 175 M, U 176 M

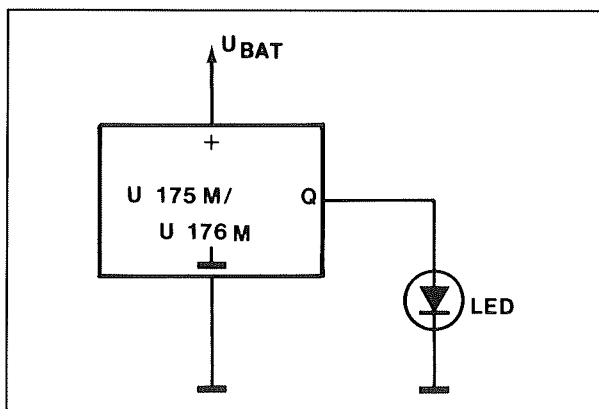
Twee identieke LED-drivers in TO 92 behuizing (zie figuur 3/8.10.8-15) van Telefunken, die alleen verschillen in knipperfrequentie.
Het wel zeer eenvoudige basisschema is

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

getekend in figuur 3/8.10.8-16. Er is geen externe condensator nodig voor het genereren van de frequentie van de knipperoscillator!




**Figuur 3/8.10.8-15:** Behuizing en aansluitgegevens van de U 175 M en de U 176 M.



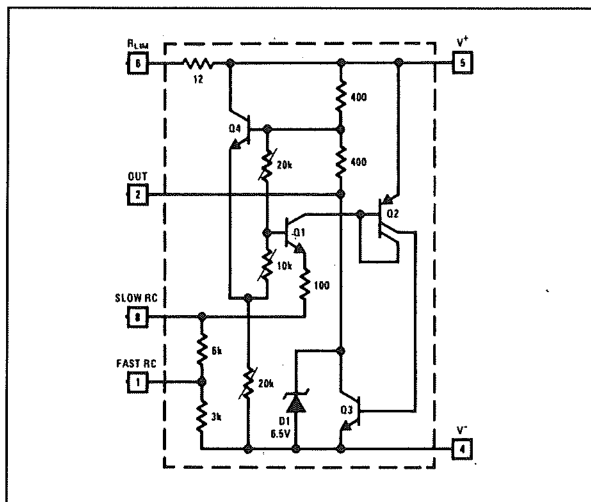

**Figuur 3/8.10.8-16:** Standaard schema van de U 175/176 M.

De voedingsspanning van deze schakelingen mag liggen tussen +4,75 en +13,2 V, waar een onbelaste uitgangsspanning van +2,75 tot +10,8 V tegenover staat. De knipperfrequentie ligt voor de U 175 M bij 0,3 Hz per volt voedingsspanning en bij de U 176 M bij 0,075 Hz/V voedingsspanning.

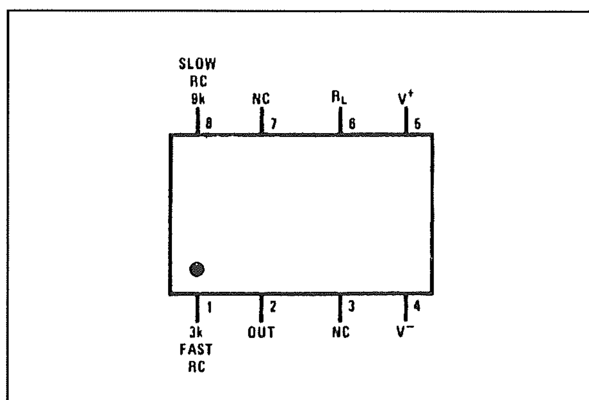
## LM 3909

Dit National Semiconductor IC kan een LED sturen uit een batterijspanning van 1,5 V! Om dit mogelijk te maken wordt de externe timing-condensator ook gebruikt als booster. De condensatorspanning wordt gesuperponeerd op de voedingsspanning, zodat voldoende spanning beschikbaar is voor het overwinnen van de geleidingsspanning van de LED.

Figuur 3/8.10.8-17 geeft het interne schema, de aansluitgegevens zijn vermeld in figuur 3/8.10.8-18.



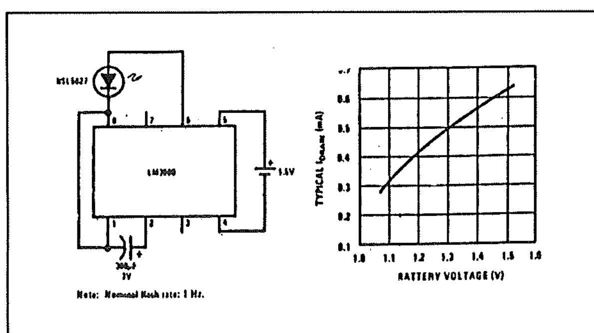

**Figuur 3/8.10.8-17:** Intern schema van de LM 3909.




**Figuur 3/8.10.8-18:** Aansluitgegevens van de LM 3909.

De voedingsspanning mag liggen tussen +1,15 en +6,0 V, waarbij de gemiddelde stroomopname (+ LED) slechts 0,55 mA bedraagt. Toch is de piekstroom door de LED niet minder dan 45 mA, bij een pulsduur van 6 ms.
De knipperfrequentie bedraagt 0,65 tot 1,3 Hz met een 300 $\mu$F timingcondensator en "SLOW RC" en "FAST RC" kortgesloten.

Figuur 3/8.10.8-19 geeft het basisschema rond dit IC met de grafiek die het verband geeft tussen gemiddelde stroomopname en voedingsspanning. Als men een grotere spanning dan 1,5 V ter beschikking heeft moet men het schema van figuur 3/8.10.8-20 toepassen. In de tabel zijn de onderdelenwaarden voor verschillende voedingsspanningsbereiken gegeven.



**Figuur 3/8.10.8-19:** Voorbeeldschakeling van de LM 3909.

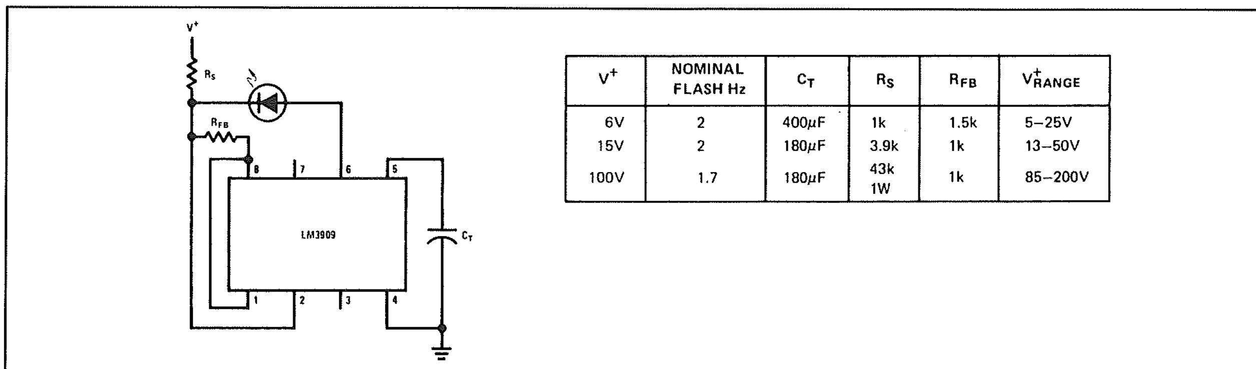
# Positieve low drop stabilisatoren

## Inleiding

Het verschil tussen een "normale" stabilisator van bijvoorbeeld de 78xx-familie en een "low drop" stabilisator wordt toegelicht in de blokschema's van figuur 3/8.10.8-21.

- De "normale" stabilisator (bovenste schema)
  Tussen de in- en de uitgang is een NPN-transistor T1 opgenomen, geschakeld als emittervolger en werkend als regelbare weerstand. Een deel van de uitgangsspanning wordt in een verschilversterker A vergeleken met een interne referentie, de versterker stuurt de emittervolger totdat het verschil tussen de referentie en het deel van de uitgangsspanning gelijk is aan nul volt. Dit is een zeer betrouwbare en stabiel werkende configuratie, met als enig nadeel dat er een tamelijk grote spanning over de emittervolger blijft staan. Tussen de basis en de emitter staat per definitie een spanning van ongeveer 0,7 V en er is minstens 2,5 V nodig om de eindtransistor in de verschilversterker in te stellen. Over de stabilisator treedt bijgevolg een spanningsverlies van een 3,2 V op, zodat een 5 V stabilisator ten minste 8,2 V op de ingang nodig heeft om betrouwbaar te werken. Dat kost dus twee batterij-cellen extra en bovendien gaat er heel wat vermogen in de stabilisator zélf verloren onder de vorm van warmte.
- De low drop stabilisator (onderste schema)
  Het regelelement is nu uitgevoerd als PNP transistor T1, waarvan de basisstroom wordt geleverd door een NPN transistor T2. Deze halfgeleiders maakt deel uit van de versterkende regellus. Het voordeel is dat men T1 tot tegen de verzadiging-grens kan uitsturen zonder dat de regelende eigenschappen van het systeem verloren gaan. Over een bijna verzadigde transistor staat een spanning van slechts enige honderden mV, zodat men veel minder spanning tussen in- en uitgang nodig heeft om de stabili-

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper




| $V^+$ | NOMINAL FLASH Hz | $C_T$ | $R_S$ | $R_{FB}$ | $V^+_{RANGE}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 6V | 2 | 400μF | 1k | 1.5k | 5–25V |
| 15V | 2 | 180μF | 3.9k | 1k | 13–50V |
| 100V | 1.7 | 180μF | 43k 1W | 1k | 85–200V |

**Figuur 3/8.10.8-20:** Onderdelenwaarden als men de LM 3909 uit hogere voedingsspanningen wil sturen.

IN · UIT · 3,2V · T1 · 0,7 · 2,5V · REF · A · R1 · R2

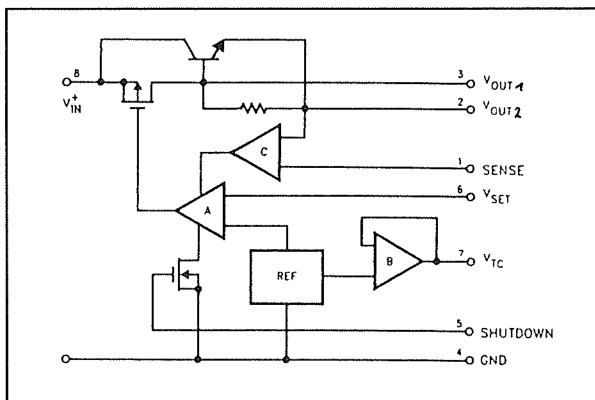
IN · UIT · T1 · 0,4V · REF · A · T2 · R1 · R2

**Figuur 3/8.10.8-21:** Het verschil tussen een gewone stabilisator (boven) en een low drop stabilisator (onder).

sator te laten werken. Nadeel is dat dit systeem minder stabiel is door de grotere interne versterking en dat men grondiger moet ontkoppelen dan het geval is bij de "traditionele" stabilisatoren.
Voor het genereren van een gestabiliseerde 5V voeding is nu echter slechts een spanning van ongeveer 5,5 V nodig! Bovendien daalt het nutteloze in warmte omgezette vermogen met een factor acht!

## ICL 7663

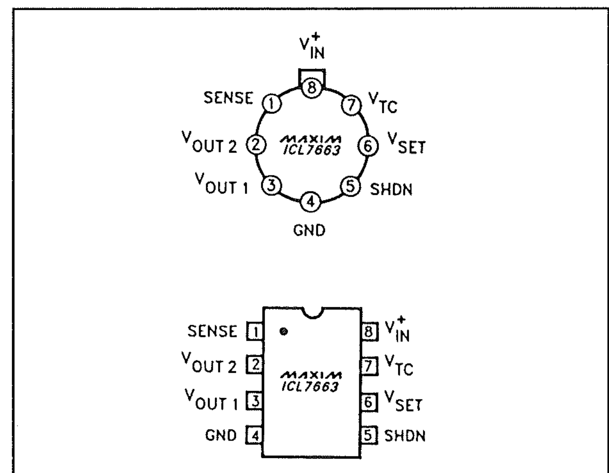
Dit door Intersil en Maxim op de markt gebrachte IC kan worden gebruikt als instelbare positieve stabilisator voor uitgangsspanningen tussen 1,3 en 16 V met een gemiddeld spanningsverlies over het IC van slechts 0,8 V. De schakeling kan 40 mA leveren, terwijl de eigen ruststroom slechts 10 $\mu$A bedraagt.
Het interne blokschema en de aansluitgegevens zijn getekend in de figuren 3/8.10.8-22 en 3/8.10.8-23.




**Figuur 3/8.10.8-22:** Intern blokschema van de ICL 7663.

Een kort overzicht van de functie van de pennen.

- $V_{out1}$ kan slechts 5 mA leveren maar heeft als voordeel dat het spanningsverlies over het IC voor deze uitgang de 0 V benadert!
- $V_{out2}$ wordt gebruikt voor stromen tot 40 mA.
- Een weerstand in serie tussen $V_{out2}$ en de belasting aangebracht en verbonden met de SENSE introduceert een stroombegrenzing, waarbij echter wel maximaal 0,7 V meer spanning verloren gaat tussen in en uit.

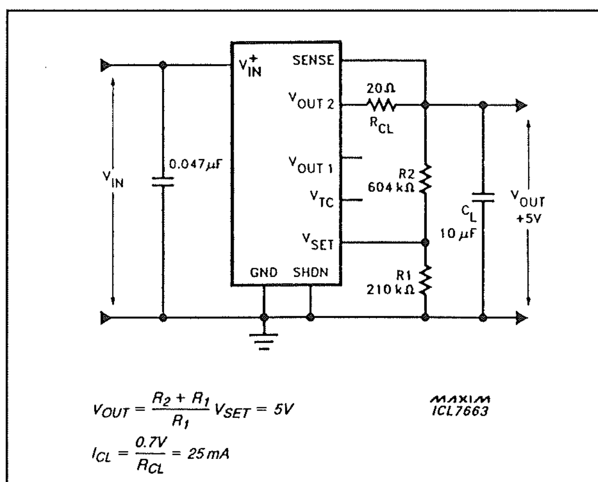



**Figuur 3/8.10.8-23:** Aansluitgegevens van de ICL 7663.

- De spanning op VSET wordt vergeleken met de interne referentie van 1,29 V, deze ingang moet via een weerstandsdeler, die de grootte van de uitgangsspanning bepaalt, verbonden worden met de uitgang en de massa.
- De SHUTDOWN ingang wordt normaliter met de massa verbonden. Als men deze ingang met een spanning groter dan 1,4 V verbindt gaan de twee uitgangen naar 0 V.
- De VTC uitgang kan worden gebruikt voor het introduceren van een negatieve temperatuurs-coëfficiënt op de uitgangsspanning. Dit is handig bij het

besturen van LCD-uitlezingen, omdat het door deze voorziening mogelijk wordt de temperatuurs-coëfficiënt die dit soort uitlezingen heeft over een breed temperatuursbereik te compenseren, waardoor de "intensiteit" van de uitlezing onafhankelijk wordt van de temperatuur.

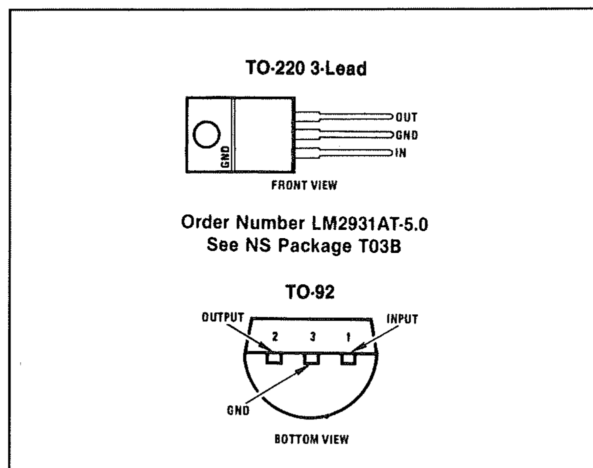
Figuur 3/8.10.8-24 geeft het basisschema rond de ICL 7663 met berekeningsformules voor de uitgangsspanning en de stroombegrenzing. Hierbij geldt dat VSET gelijk is aan de waarde van de referentie, dus 1,29 V.




**Figuur 3/8.10.8-24:** Voorbeeldschakeling rond de ICL 7663.

## LM 2931

De LM 2931 van National Semiconductor levert een vaste uitgangsspanning van +5 V +/-0,25 V bij een maximale stroom van 150 mA en een eigen stroomverbruik van slechts 1 mA. De spanningsval over het IC bedraagt slechts 0,2 V bij een uitgangsstroom van 10 mA oplopend tot 0,6 V bij maximale belasting. Dit IC is leverbaar in TO-220 en TO-92 behuizingen met de aansluitgegevens van figuur 3/8.10.8-25.

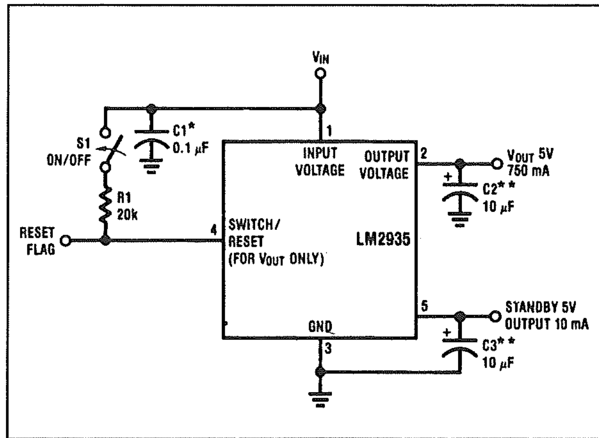



**Figuur 3/8.10.8-25:** Aansluitgegevens van de LM 2931.

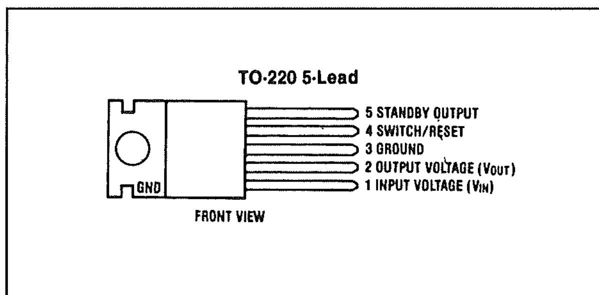
## LM 2935

De +5 V stabilisator LM 2935 van National Semiconductor heeft, zie figuur 3/8.10.8-26, twee uitgangen. De STANDBY 5 V OUTPUT levert een maximale stroom van 10 mA, waarbij als dit de enige belasting van het IC is de eigen stroomopname beperkt blijft tot 3 mA. Deze voorziening is aangebracht voor het constant onder spanning houden van bijvoorbeeld een RAM-geheugen waarbij de hoofdvoeding, geleverd door de OUTPUT VOLTAGE uitgang, is uitgeschakeld met behulp van de RESET FLAG schakelaar (schakelaar open). Deze tweede uitgang levert bij gesloten schakelaar maximaal 750 mA. Het spanningsverlies over het IC bedraagt 0,55 V bij 10 mA belasting, oplopend tot 0,82 V bij maximale last. Het IC heeft een interne stroombegrenzing, die de stroom begrenst tot 1,4 A. De RESET-FLAG op pen 4 gaat naar "L" als de spanning op de OUTPUT VOLTAGE, om wat voor reden dan ook, lager wordt dan 2,4 V.
Dit IC is leverbaar in TO-220 behuizing met vijf aansluitingen volgens figuur 3/8.10.8-27.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**



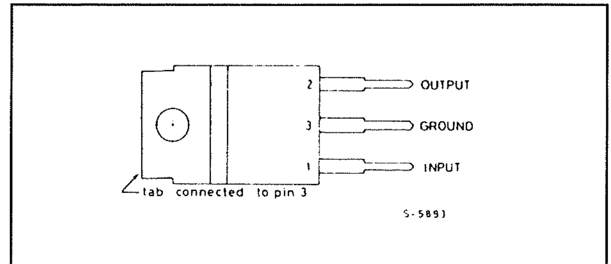

**Figuur 3/8.10.8-26:** Basisschema rond de LM 2935.




**Figuur 3/8.10.8-27:** Aansluitgegevens van de TO-220 behuizing van de LM 2935.

## LM 330

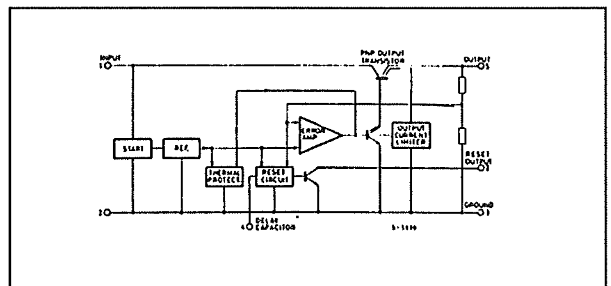
Dit in de bekende gestandaardiseerde TO-220 behuizing (voorbeeld 78xx-serie, zie ook figuur 3/8.10.8-28) ondergebrachte IC wordt door diverse fabrikanten op de markt gebracht en is een 5 V bij 150 mA stabilisator.
De uitgangsspanning ligt tussen +4,8 en +5,2 V bij een uitgangsstroom van maximaal 150 mA met 700 mA begrenzing.
De spanningsval over het IC varieert met de belasting tussen 0,32 en 0,6 V.
Het eigen stroomverbruik bedraagt slechts 5 mA bij 50 mA belasting.



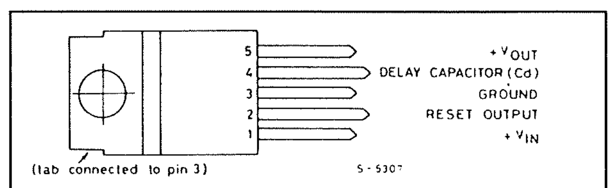

**Figuur 3/8.10.8-28:** Behuizing en aansluitingen van de LM 330.

## L 387

Een +5 V stabilisator van SGS met intern blokschema en aansluitgegevens volgens figuren 3/8.10.8-29 en 3/8.10.8-30. De RESET OUTPUT gaat een bepaalde tijd naar "L" bij het opkomen van de voedingsspanning. Deze tijdsduur wordt bepaald door een op de DELAY CAPACITOR aangesloten condensator.
De uitgangsspanning van dit IC ligt tussen +4,8 en +5,2 V, bij een maximale uitgangsstroom van 500 mA en met stroombegrenzing op 800 mA. De spanningsval bedraagt 0,6 à 0,8 V, het eigen stroomverbruik is 20 mA bij 150 mA belasting.



**Figuur 3/8.10.8-29:** Intern blokschema van de L 387.




**Figuur 3/8.10.8-30:** Aansluitgegevens van de L 387.

**L 47xx-serie**
Een door SGS op de markt gebrachte reeks van drie in standaard behuizing ondergebrachte stabilisatoren met de volgende uitgangsspanningen:
- type L 4705: 4,8 → 5,2 V;
- type L 4785: 8,16 → 8,84 V;
- type L 4710: 9,6 → 10,4 V.

De uitgangsstroom bedraagt maximaal 500 mA, met stroombegrenzing bij 800 mA. De spanningsval over de IC's bedraagt 0,6 à 0,9 V, het eigen stroomverbruik 20 mA bij 150 mA belasting.

**L 48xx**
Een door SGS op de markt gebrachte reeks van vier in standaard behuizing, maar ook in miniatuur SOT-82 ondergebrachte stabilisatoren met foldback stroombegrenzing en de volgende uitgangsspanningen:
- type L 4805: 4,8 → 5,2 V;
- type L 4885: 8,16 → 8,84 V;
- type L 4810: 9,6 → 10,4 V;
- type L 4812: 11,5 → 12,5 V.

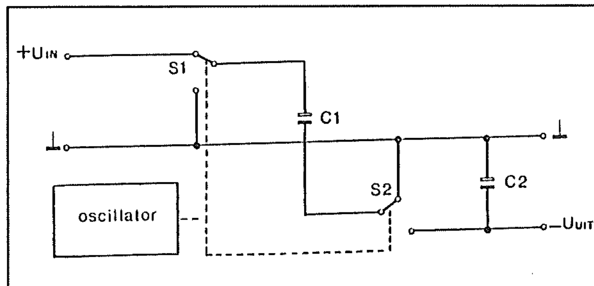
De uitgangsstroom bedraagt maximaal 400 mA, met vanwege de foldback stroombegrenzing een kortsluitwaarde van slechts 220 mA. De spanningsval is 0,4 à 0,7 V, bij een eigen stroomverbruik van 16 mA bij 150 mA belasting.

## DC/DC omzetters

### Inleiding
Voor het omzetten van een enkelvoudige positieve batterijspanning in een negatieve hulpspanning en/of een grotere positieve hulpspanning staan twee systemen ter beschikking.
- Bij het pomp-principe wordt elektrische lading in een condensator gepompt en nadien met omgekeerde polariteit op een tweede condensator overgedragen. Dit systeem leent zich uitstekend voor het omzetten van een positieve gelijkspanning in een even grote negatieve gelijkspanning.
- Bij het inductieve opslingeringsprincipe wordt de grote inductiespanning die over een spoel ontstaat bij het wegvallen van de stroom gebruikt om uit een lage positieve gelijkspanning een hogere positieve spanning af te leiden.

### De pomp-omzetter
Het basisschema van een pompomvormer is getekend in figuur 3/8.10.8-31. Een blokgolf-oscillator bestuurt twee elektronische omschakelaars S1 en S2. Als de blokgolf "H" is staan de schakelaars in de getekend stand en wordt de condensator C1 over de ingangsspanning aangesloten.
Dit onderdeel laadt op tot de waarde van deze spanning. Als de uitgang van de oscillator "L" wordt zullen de schakelaars omschakelen en wordt C1 parallel geschakeld aan C2. De lading uit C1 verdeelt zich over beide condensatoren, zodat over condensator C2 een ten opzichte van de massa negatieve spanning ter beschikking staat. Door de belasting van C2 met de externe schakelingen zal de lading gedeeltelijk wegvloeien waardoor de negatieve spanning daalt.
Omdat de oscillator op een tamelijk hoge frequentie oscilleert zullen de schakelaars echter de lading in C2 voortdurend aanvullen, zodat de negatieve hulpspanning een rimpelspanning vertoont waarvan de frequentie gegeven wordt door de oscillatorfrequentie en de amplitude door de waarde van de condensatoren en de mate van belasting.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

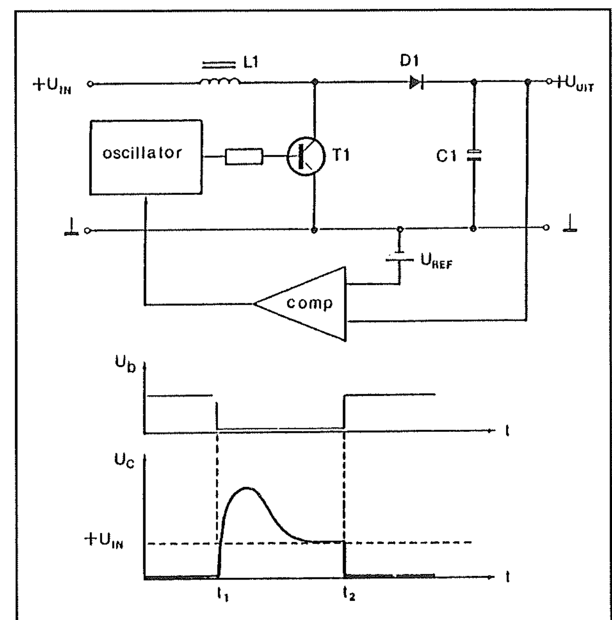



**Figuur 3/8.10.8-31:** Het principiële schema van een pomp-omzetter.

## De inductieve opslingering

Het blokschema van een omvormer volgens het principe van de inductieve opslingering is getekend in figuur 3/8.10.8-32. Een blokgolfgenerator, waarvan de aan/uit-verhouding bestuurbaar is, stuurt de transistor T1 in geleiding of in sper. Als de transistor geleidt (voor t1) wordt de spoel L1 kortgesloten naar de massa en zal er een tamelijk hoge stroom door de serieschakeling spoel-transistor vloeien. Als, op tijdstip t1, de transistor in sper wordt gestuurd zal de stroom door de spoel opeens van maximaal naar nul dalen. Deze grote stroomvariatie veroorzaakt een sterk magnetisch veld in de spoel met als gevolg dat er een grote inductie-spanning over de spoel ontstaat. De topwaarde overtreft de waarde van de voedingsspanning. De diode D1 gaat geleiden en laadt de condensator C1 op. Over dit onderdeel ontstaat een spanning die vele malen groter kan zijn dan de $+U_{IN}$. Om het systeem te stabiliseren is een verschilversterker noodzakelijk die de door R1/R2 gereduceerde uitgangsspanning vergelijkt met een referentiespanning. Als beide spanningen aan elkaar gelijk zijn stuurt de versterker de oscillator. De transistor wordt weer in geleiding gestuurd zodat de spoel weer wordt kortgesloten naar de massa, de diode D1 gaat sperren en de spanning over de condensator C1 niet verder kan stijgen.

Met dergelijke schakelingen is het zonder meer mogelijk uit een accuspanning van +6 V een gelijkspanning van +25 V af te leiden.

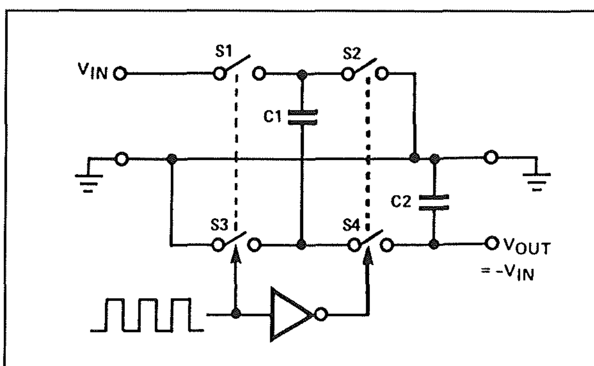



**Figuur 3/8.10.8-32:** Het principiële schema van een omzetter volgens het inductieve opslingeringsprincipe.

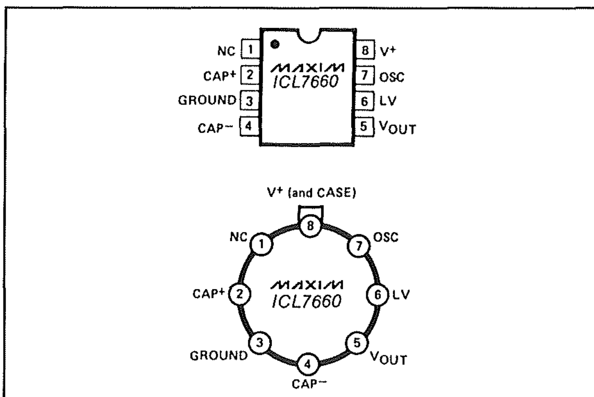
## 7660

Van alle omvormer-IC's is de 7660 ongetwijfeld de bekendste. Deze schakeling wordt door Intersil en Maxim aangeboden onder code ICL 7660, door Siliconix met typenummer Si 7660 en door Teledyne als TSC 7660. Opgemerkt moet echter worden dat de Maxim-versie op een belangrijk punt afwijkt van de overige schakelingen. Bij dit IC is het niet noodzakelijk een serie-diode in de negatieve uitgang op te nemen als de ingangsspanning groter is dan +6,5 V! Hetgeen tot gevolg heeft dat een Maxim-exemplaar zonder problemen in de plaats

van andere fabrikanten ingezet kan worden, maar dat een Maxim-IC in een schakeling alleen door een ander fabrikaat vervangen kan worden als de voedingsspanning lager is dan +6,5 V.
Het interne schema en de aansluitgegevens van de 7660 zijn getekend in de figuren 3/8.10.8-33 en 3/8.10.8-34.




**Figuur 3/8.10.8-33:** Intern blokschema van 7660 omzetter.




**Figuur 3/8.10.8-34:** Aansluitgegevens van de 7660.

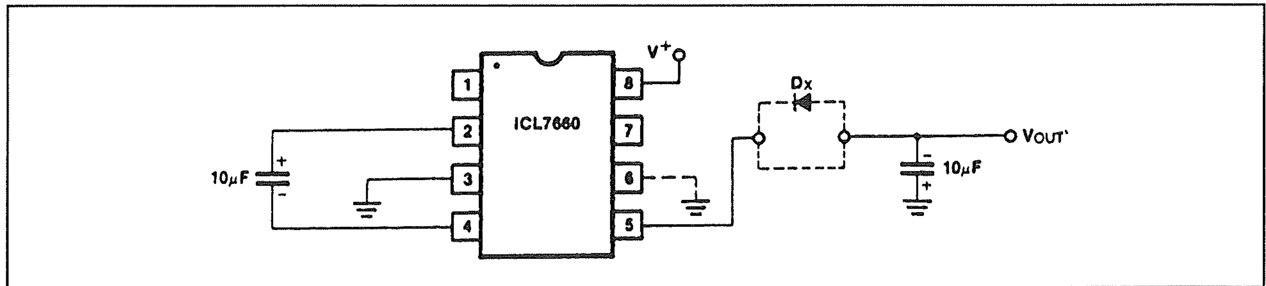
De voedingsspanning kan liggen tussen +1,5 en +10 V, waarbij het echter noodzakelijk is bij spanningen tussen de +1,5 en de +3,0 V de LV-ingang met de massa te verbinden.
De interne oscillator werkt zonder externe componenten op 10 kHz, door een externe condensator tussen de voeding en de OSC-pen te schakelen kan men de frequentie verlagen.
Als deze lage frequentie echter problemen geeft, doordat bijvoorbeeld restanten van dit signaal doordringen in audiosystemen, kan men een externe supersonische oscillator via een serieweerstand van 1 kΩ op de OSC-pen aansluiten.
De schakeling verbruikt een eigen stroom van 250 μA, levert een negatieve spanning die, in onbelaste toestand, in absolute waarde gelijk is aan de positieve voedingsspanning en heeft op deze uitgang een impedantie van ongeveer 55 Ω.

Figuur 3/8.10.8-35 geeft het basis-schema van de 7660 als +DC/-DC omzetter. Het komt echter vaak voor dat men uit een 6 V batterij een negatieve voedingsspanning van -12 V voor een of meerdere operationele versterkers moet afleiden. Dan kan men, volgens het schema van figuur 3/8.10.8-36, twee 7660 IC's in cascade schakelen waardoor op de uitgang van de tweede een spanning van ongeveer -12 V ontstaat. Met één 7660 kan men, naast de negatieve spanning, eventueel ook een dubbele positieve spanning genereren. Men moet dan gebruik maken van het schema van figuur 3/8.10.8-37, waarbij een extern pomp-circuit wordt gebruikt voor het genereren van de +2.UBAT spanning.

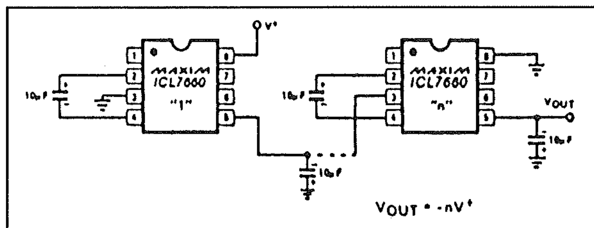
### ICL 7662, Si 7661

Deze twee IC's van Intersil en Siliconix zijn pen- en functie-compatible met de 7660, maar hebben een ruimer voedingsbereik. De voedingsspanning mag, met de LV-pen aan massa liggen tussen +4,5 en +9,0 V en met de LV-pen vrij tussen +9,0 en +22 V. Het eigen stroomverbruik be-

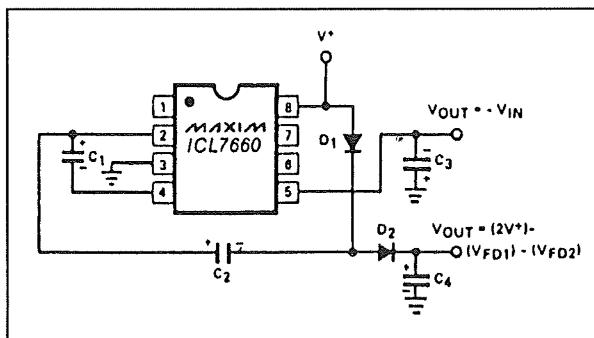
**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.8-35:** Van plus naar min met de 7660. De gestippeld getekende diode vervalt bij de MAXIM-exemplaren.




**Figuur 3/8.10.8-36:** Het verdubbelen van de negatieve uitgangsspanning door het cascaderen van twee identieke schakelingen.

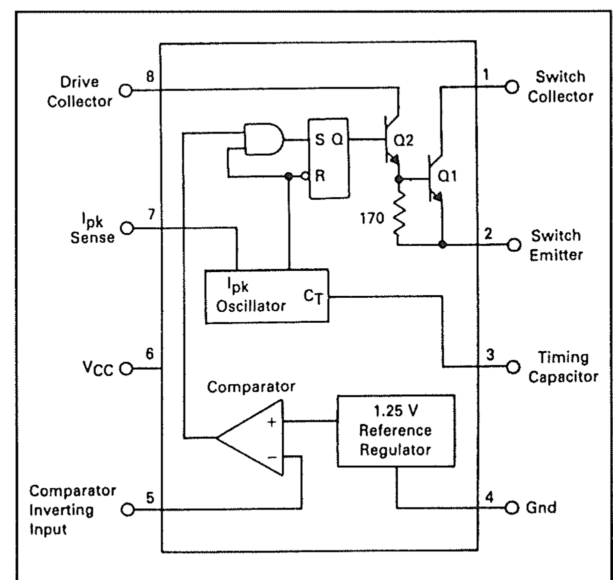



**Figuur 3/8.10.8-37:** Uit één 7660 kan men zowel een negatieve als een dubbele positieve spanning afleiden.

draagt slechts 100 μA, de maximale uitgangsstroom 20 mA.

## MC 33063, MC 34063, MC 35063

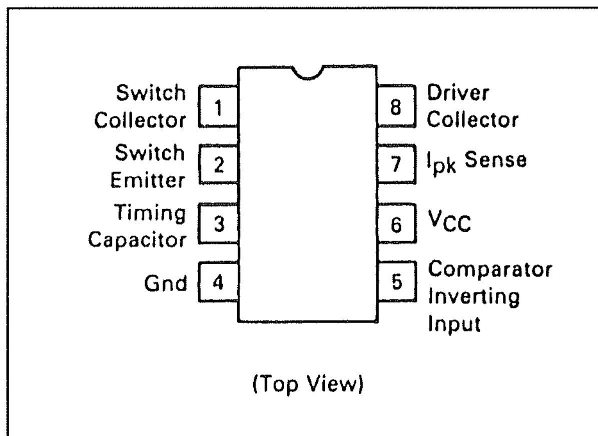
De MC 33063, 34063 en 35063 van Motorola zijn, op het temperatuurbereik na, volledig identiek en werken volgens het principe van de inductieve opslingering. De schakelingen bevatten een referentie, een comparator, een oscillator met stuurbare duty-sycle, een stroombegrenzer en een schakeltransistor. Het interne blokschema en de aansluitgegevens zijn samengevat in de figuren 3/8.10.8-38 en 3/8.10.8-39.




**Figuur 3/8.10.8-38:** Intern blokschema van de MC 33063.

De frequentie van de oscillator wordt bepaald door de waarde van de externe condensator Ct.

De voedings- en uitgangsspanning van deze schakelingen mag liggen tussen +2,5 en +40 V, waarbij het eigen stroomverbruik slechts 3,5 mA bedraagt. De eindtransistor kan stroompieken van 1,5 A schakelen. De oscillatorfrequentie ligt tussen 100 Hz en 100 kHz.

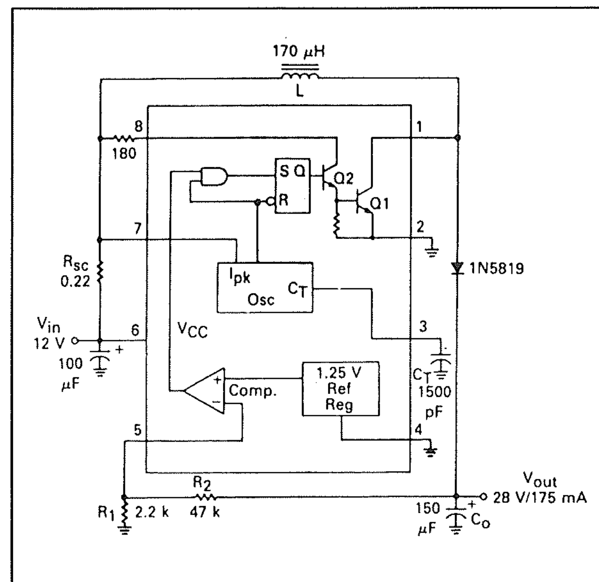



**Figuur 3/8.10.8-39:** Behuizing van de MC 33063.

In figuur 3/8.10.8-40 is een voorbeeldschakeling gegeven, waarbij uit een batterijspanning van +12 V een met 175 mA te belasten spanning van +28 V wordt afgeleid. Dat de stabilisatie uitstekend is mag blijken uit het feit dat de uitgangsspanning met slechts 12 mV varieert als de ingangsspanning daalt van 16 naar 8 V! De spanningsvariatie tussen nul- en vollast is kleiner dan 50 mV. De uitgangsspanning heeft een rimpel van 150 mV.

## TCA 720

Dit ITT-IC is speciaal ontwikkeld om uit een lage batterijspanning de hoge instelspanning af te leiden die noodzakelijk is voor het afstemmen van Varicap-tuners in draagbare radio's. De miniatuur "pancake"-behuizing en het standaard-schema zijn getekend in figuur 3/8.10.8-41.
De toegestane voedingsspanning ligt tussen +4,5 en +20 V, waarbij de uitgangsspanning varieert tussen +30 en +35 V, bij een eigen stroomverbruik van 7,5 mA.

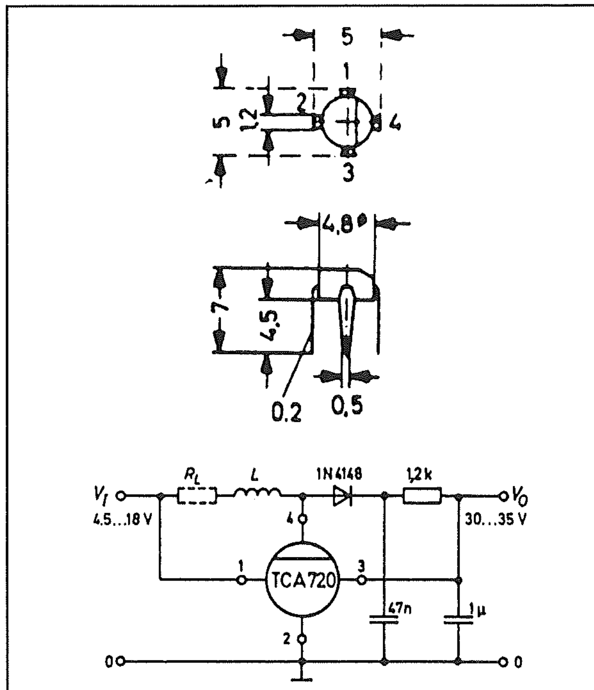



**Figuur 3/8.10.8-40:** Spanningsverdubbeling met de MC 33063.

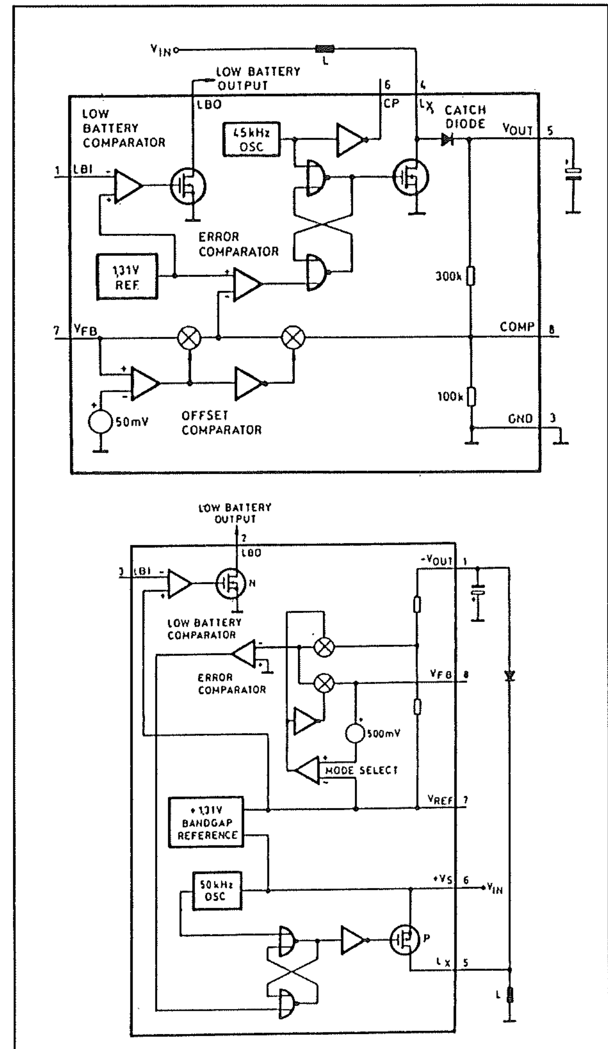
## MAX 632, MAX 633, MAX 636, MAX 637

Door Maxim worden vier volgens het inductieve opslingeringsprincipe werkende omvormers aangeboden, die bedoeld zijn om uit één +5 V spanning symmetrische spanningen van +/-12 of +/-15 V af te leiden. Deze IC's zijn uitstekend geschikt voor het genereren van de voor RS 232 verbindingen noodzakelijke spanningen uit een met 6 V gevoed systeem.
Een kort overzicht van de specificaties:
- MAX 632:
  ingangsspanning +5 tot +24 V,
  uitgangsspanning +12 V,
  uitgangsstroom 25 mA.
- MAX 633:
  ingangsspanning +5 tot +24 V,
  uitgangsspanning +15 V,
  uitgangsstroom 15 mA.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.8-41:** Behuizing, aansluitgegevens en standaardschema van de TCA 720.




**Figuur 3/8.10.8-42:** Interne blokschema's van de MAX 63-serie.

- MAX 636:
  ingangsspanning +5 tot +24 V,
  uitgangsspanning -12 V,
  uitgangsstroom 15 mA.
- MAX 637:
  ingangsspanning +5 tot +24 V,
  uitgangsspanning -15 V,
  uitgangsstroom 8 mA.

De interne blokschema's van deze schakelingen zijn getekend in figuur 3/8.10.8-42, boven voor de positieve omzetters, onder voor de negatieve.

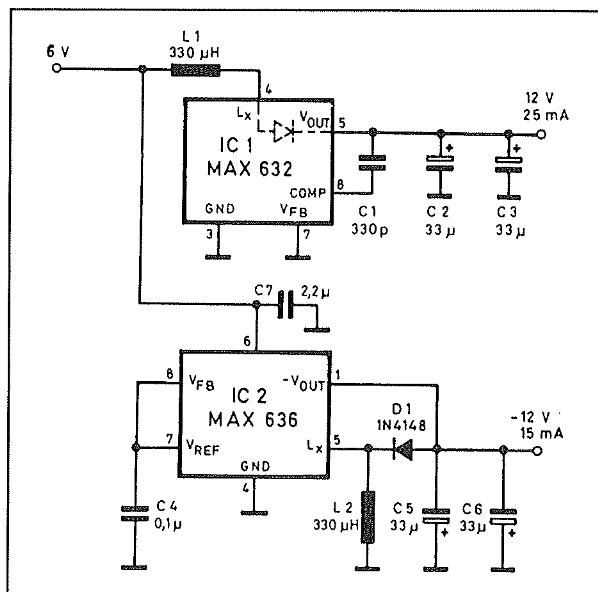
Een voorbeeldschakeling is getekend in figuur 3/8.10.8-43, waarbij een accuspanning van +6 V wordt omgezet in symmetrische spanningen van +/-12 V.

# Negatieve low drop stabilisator

## Inleiding

Voor het stabiliseren van negatieve batterijspanningen staat niet dezelfde uitgebreide keuze aan IC's ter beschikking als het geval is voor positieve spanningen. Dat zal wel iets te maken hebben met het feit dat de meeste schakelingen met een positieve voedingsspanning werken en

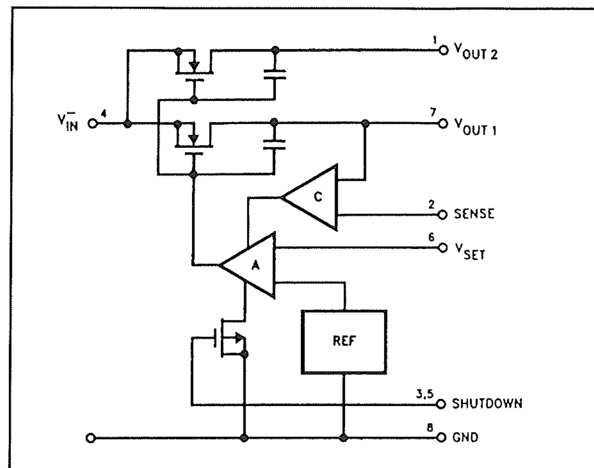
men in de meeste gevallen alleen een negatieve voeding nodig heeft voor het voeden van operationele versterkers. En deze schakelingen beschikken over een uitstekende onderdrukking van spanningsschommelingen op de voedingslijnen!



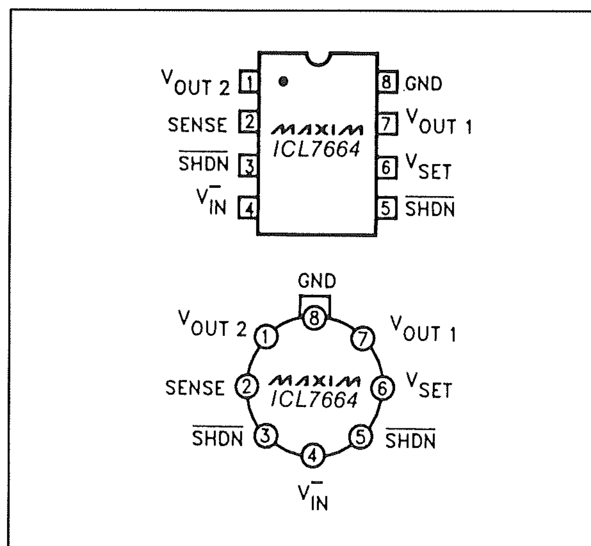

**Figuur 3/8.10.8-43:** Voorbeeldschakeling met de MAX 63-IC's waarbij een symmetrische +/-12 V voeding wordt gegenereerd uit een 6 V batterij.

## ICL 7664

De ICL 7664 van Maxim en Intersil is het complement van de ICL 7663 wat functie betreft, maar zeker niet wat interne schakeling en aansluitgegevens aangaat. De uitgangsspanning kan worden ingesteld tussen -2 en -16 V met een gemiddeld spanningsverlies over het IC van slechts 0,4 V. De schakeling heeft twee uitgangen die ieder 25 mA kunnen leveren maar parallel geschakeld 50 mA, terwijl de eigenruststroom slechts 4 $\mu$A bedraagt.
Het interne blokschema en de aansluitgegevens zijn getekend in de figuren 3/8.10.8-44 en 3/8.10.8-45.




**Figuur 3/8.10.8-44:** Intern blokschema van de ICL 7664.

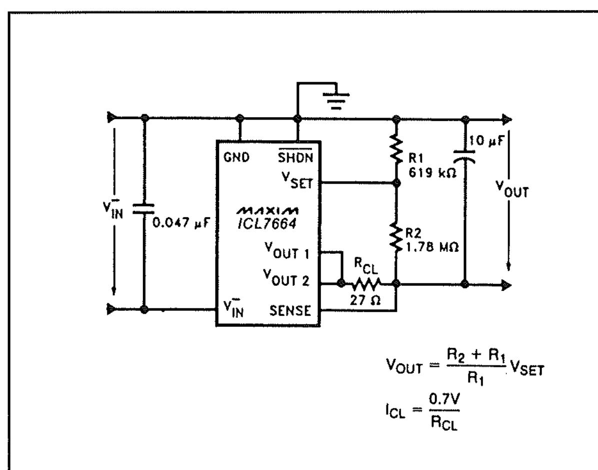



**Figuur 3/8.10.8-45:** Aansluitgegevens van de ICL 7664.

Ook nu wordt de spanning op VSET vergeleken met de interne referentie van 1,29 V, deze ingang moet via een weerstandsdeler, die de grootte van de uitgangsspanning bepaalt, verbonden worden met de uitgang en de massa.
De NIET-SHUTDOWN ingang wordt normaliter met de massa verbonden. Als men deze ingang met een spanning die

kleiner is dan -0,3 V verbindt gaan de twee uitgangen naar 0 V.

Figuur 3/8.10.8-46 geeft het basisschema rond de ICL 7663 met berekeningsformules voor de uitgangsspanning en de stroombegrenzing. Hierbij geldt dat VSET gelijk is aan de waarde van de referentie, dus 1,29 V.

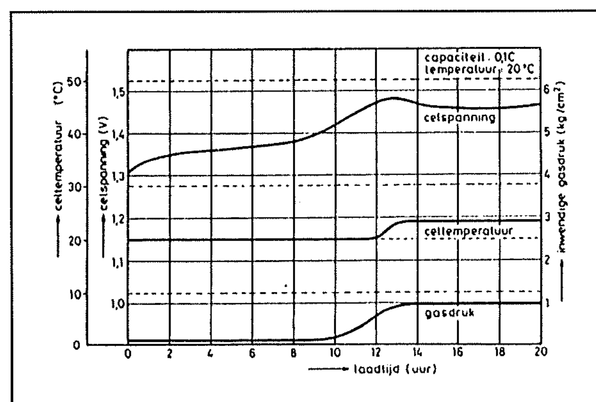



**Figuur 3/8.10.8-46:** Voorbeeldschakeling rond de ICL 7664.

# Accu-lader

## Inleiding

Steeds vaker gaat men er toe over de batterijen in draagbare apparatuur te vervangen door NikkelCadmium accumulatoren. Een eenmalige forse investering, die zich op de lange termijn meerdere malen terug verdient!
Het laden van NiCad-cellen is echter niet zo eenvoudig als bijvoorbeeld het laden van een lood-accu.
De spanning over een lood-cel stijgt gedurende de volledige laadsyclus. Het is dan vrij eenvoudig om door middel van een comparator vast te stellen wanneer de cel vol is en het laden te onderbreken. De laadcurve van een NiCad-cel, getekend in figuur 3/8.10.8-47, vertoont echter een "spanningsbult" na ongeveer 2/3 van de volledige laadcyclus. De cel is dan nog niet vol, maar bij verdere lading gaat de spanning weer dalen. Een NiCad-accu kan dus niet geladen worden door de spanning over de accu te vergelijken met een "einde lading" spanning. De normale procedure is dat men de accu eerst volledig ontlaadt (celspanning ongeveer 1,1 V) en nadien een bepaalde tijd met een constante stroom gaat laden. De tijdsduur en de stroom hangen af van de capaciteit van de accu.
Al bij al een ingewikkeld proces waar tot nu toe een vrij uitgebreide schakeling voor nodig was. Telefunken heeft echter als eerste IC-fabrikant een geïntegreerde schakeling op de markt gebracht, die de volledige ontlaad/laad-syclus volledig automatisch doorloopt.

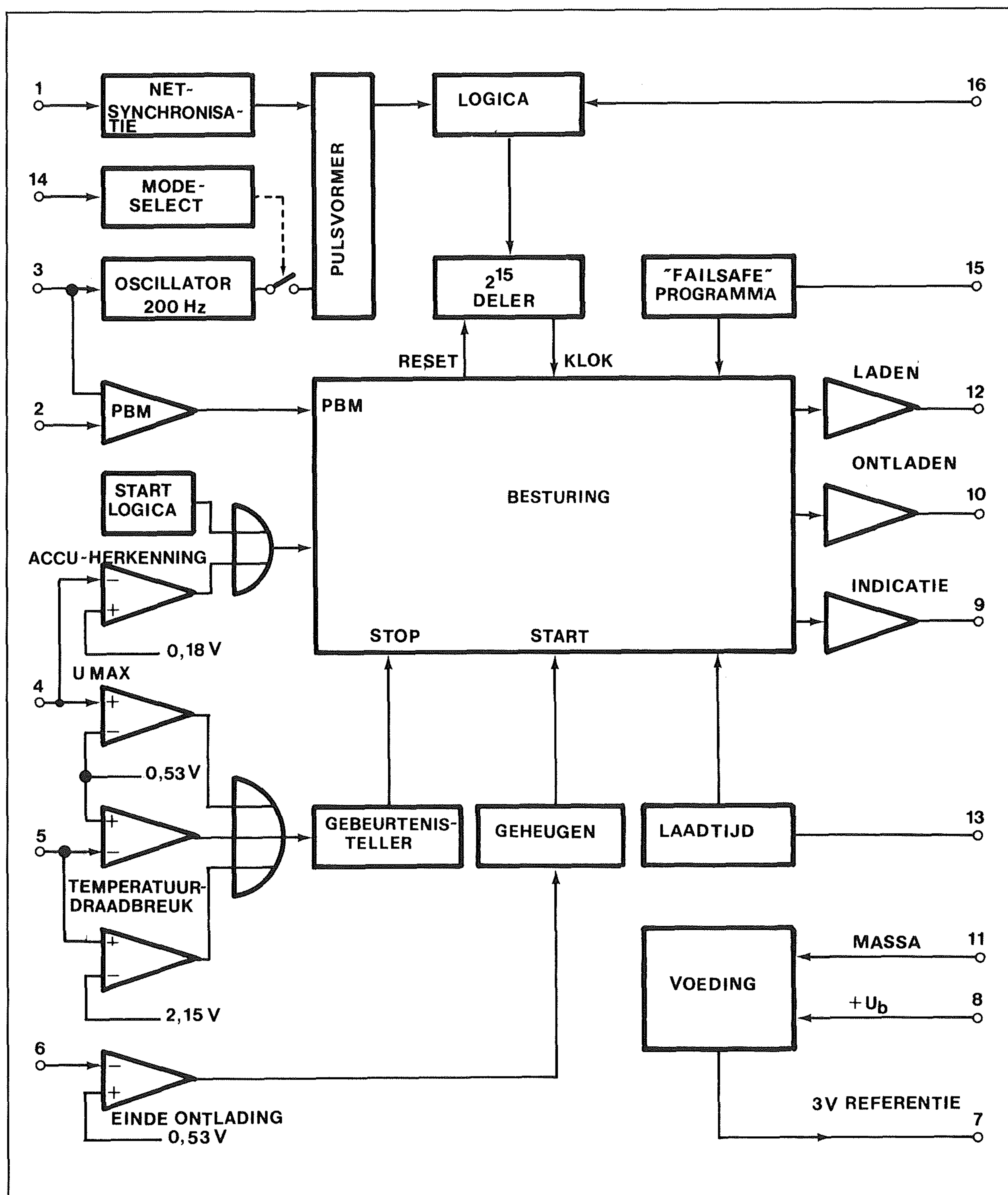



**Figuur 3/8.10.8-47:** De laad-curve van een NikkelCadmium accumulator vertoont een typische "spanningsbult".

## U 2400 B

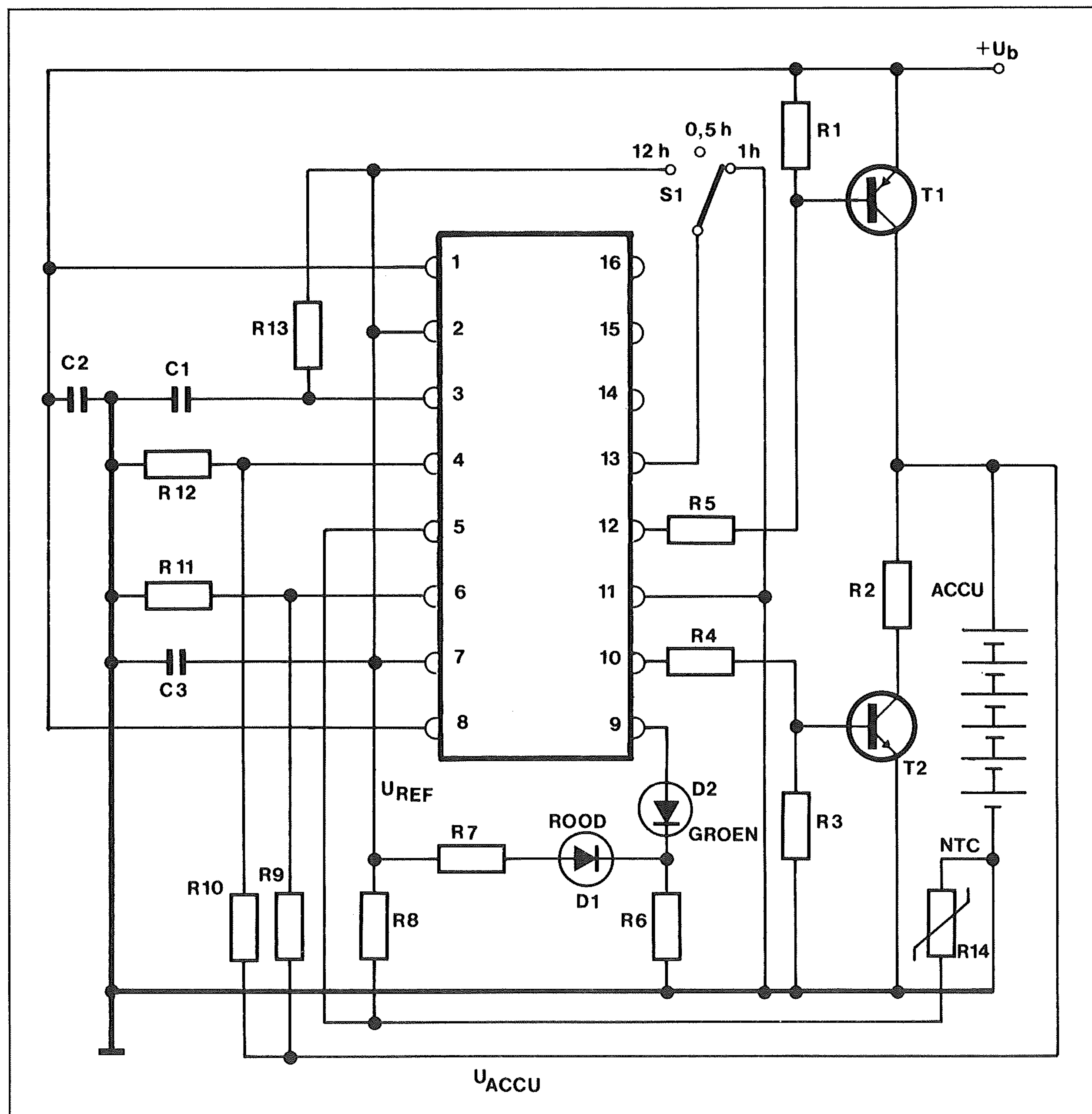
De werking van dit complexe IC, de U 2400 B, kan het best besproken worden aan de hand van het interne blokschema,

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper




**Figuur 3/8.10.8-48:** Intern blokschema van de NiCad-lader U 2400 B van Telefunken.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.8-49:** Voorbeeldschakeling voor het laden van een NiCad-batterij met de U 2400 B.

getekend in figuur 3/8.10.8-48 en het standaard toepassingsschema, getekend in figuur 3/8.10.8-49.

De procedure start met het ontladen van de NiCad accu. De ontlaad-uitgang op pen 10 wordt "H" en stuurt via de weerstanden R4 en R3 de transistor T2 in geleiding. De ontlaadstroom wordt bepaald door de weerstand R2. De spanning over de accu wordt via de spanningsdeler R9/R11 aangeboden op de comparator-ingang pen 6 (einde ontlading). Als de accuspanning zover gedaald is dat daaruit

besloten kan worden dat de accu volledig ontladen is, klapt de comparator om en wordt van ontladen naar laden omgeschakeld.

Er staan drie laad-protocollen ter beschikking, die worden geselecteerd door pen 13 (laadtijd) te verbinden met massa, met de interne referentie op open te laten. In de standen "0,5 uur" en "1 uur" wordt geladen met een constante stroom. In de stand "12 uur" wordt een druppellading toegepast met een aan/uit verhouding van 1/12, na de 12 uur wordt automatisch omgeschakeld naar een onderhouds-lading waarbij de aan/uit verhouding afneemt tot 1/14.

Bij het laden wordt de laad-uitgang op pen 12 "L". Deze spanning stuurt via weerstand R5 transistor T1 in geleiding en de accu wordt opgeladen. Het kan enige verbazing wekken dat er geen stroombegrenzingsweerstand in het laadcircuit is opgenomen. Dit is echter niet noodzakelijk omdat bij het laden gebruik wordt gemaakt van pulsbreedtemodulatie. Een instelbare gelijkspanning op pen 2 (PWM) wordt in een comparator vergeleken met een zaagtandvormige spanning, die ontstaat op de timing-pen 3 (oscillator) van de interne oscillator. De grootte van de spanning op pen 2 bepaalt de breedte van de pulsen die T1 in geleiding sturen en daarmee meteen de gemiddelde laadstroom. In het getekende voorbeeld is deze pen verbonden met de interne referentiespanning van 3 V die op pen 7 ter beschikking staat.

Gedurende het laden wordt zowat alles gecontroleerd wat er maar te controleren valt. De accuspanning wordt via de spanningsdeler R10/R12 verbonden met pen 4, de UMAX ingang. Als om de een of andere reden de spanning over de accu te groot wordt zal de op deze pen aangesloten comparator dit registreren en het later te bespreken systeem dat de lading onderbreekt in werking stellen. Daarnaast bestaat de mogelijkheid de temperatuur van de NiCad te bewaken door middel van een NTC-weerstand R14. Deze vormt een spanningsdeler met weerstand R8, gevoed uit de interne referentie op pen 7, en stuurt alweer een comparator op pen 5 (temperatuur). Als deze comparator een te hoge accu-temperatuur vaststelt wordt het laadonderbrekingssysteem gestuurd.

Dit systeem bestaat uit de interne gebeurtenisteller en de failsave programmering op pen 15. Als deze pen met de massa verbonden wordt zal de schakeling het laden onderbreken als er twee maal een overspanning of overtemperatuur is geconstateerd. Dit wordt aangegeven door middel van het indicatie-systeem (zie later) en het IC schakelt over op onderhoudslading. Als pen 15 met de interne referentie op pen 7 wordt verbonden wordt onmiddellijk nadat een overtemperatuur of overspanning is geconstateerd gestopt met de lading. Nadat de spanning of de temperatuur weer normaal zijn geworden wordt de lading voortgezet. Bij een tweede alarmmelding wordt weliswaar (na het wegvallen van het verschijnsel dat de lading stopte) verder geladen, maar wordt het optreden van twee niet normale situaties op een speciale manier op de indicatie gemeld (zie later).

De indicatie bestaat uit een groene en een rode LED, die in serie zijn geschakeld tussen de massa en de interne referentie. Het knooppunt gaat naar pen 9, de indicatieuitgang. Intern is deze pen aangesloten op

een complementaire trap en door of de ene of de andere transistor te sturen zal of de rode of de groene LED gaan branden.
Het volledige indicatiesysteem kent de volgende meldingen:
- rode LED brandt continu: accu niet aanwezig of onderbroken;
- rode LED knippert: ontlading;
- groene LED knippert: lading;
- groene LED brandt continu: laadtijd is voorbij, de onderhoudslading is actief;
- rode en groene LED's branden afwisselend: er zijn twee alarm-situaties vastgesteld (te grote spanning of te hoge temperatuur), maar het systeem heeft na het wegvallen van de alarmsituatie de lading voortgezet;
- rode LED brandt continu: na het vaststellen van twee alarmsituaties in de lading gestopt.

Het systeem kan zowel gestuurd worden uit een interne oscillator waarvan de frequentie wordt bepaald door de onderdelen C1 en R13 op pen 13 als uit de 50 Hz van het net.

De U 2400 B kan gevoed worden uit een voedingsspanning van +5 tot +25 V en neemt in rust 5 mA stroom op.

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper

# 3/8.10.9
# Decibel berekeningen in de praktijk

**Inleiding**
De afkorting dB staat voor "decibel", het tiende deel van een Bel. Het woord Bel staat niet voor een eenheid waarmee de waarde een of andere fysische grootheid wordt gedefinieerd. Eerder geeft de Bel de verhouding weer tussen twee waarden van een en dezelfde grootheid. In de meeste gevallen gebruikt men de Bel voor het aanduiden van de logaritmische verhouding tussen een ingangs- en een uitgangsgrootheid van een bepaalde elektronische schakeling. De Bel is dus een maat voor de versterking en dit kan een stroom-, spanning- als vermogenversterking zijn.

Omdat de dB een logaritmische maat is, kan men op een heel eenvoudige manier grote versterkingsfactoren beheersen en de totale versterkingsfactor van verschillende in cascade geschakelde trappen berekenen.

**Voorbeelden**
Uit logaritme-tabellen kan men aflezen dat een versterking van 1000 overeen komt met 60 dB. Als men twee trappen die ieder 1000 maal versterken achter elkaar schakelt, dan wordt de totale versterking, niet als dB-waarde uitgedrukt, gelijk aan 1000 x 1000 = 1000000. Men moet vermenigvuldigen! Als men echter logaritmisch rekent wordt de totale versterking gelijk aan 60 + 60 = 120 dB. Nu moet men optellen en dat is in de praktijk veel eenvoudiger.

Dit voorbeeld is erg eenvoudig, maar als men diverse trappen achter elkaar schakelt die niet alleen versterken maar ook verzwakken, dan wordt het zonder de dB-waarde te kennen van iedere trap een heel gereken om de totale versterking of verzwakking van de schakeling te berekenen. Stel dat men drie trappen achter elkaar geschakeld heeft die respectievelijk 3,98 maal versterken, 0,11 maal versterken (is dus in feite een verzwakking!) en 5,10 maal versterken.

Als men dan de totale versterking moet berekenen wordt dit een heel gedoe. Als men dezelfde factoren echter met een dB-meter meet en vaststelt dat deze drie trappen respectievelijk +12, -14 en +14 dB versterken, dan is onmiddellijk duidelijk dat de totale versterking gelijk is aan:
12 - 14 + 14 = +12 dB.

**De versterkingsfactor**
In oorsprong werd met versterking de verhouding tussen het uitgangsvermogen en het ingangsvermogen bedoeld.

In formule:

Versterking = $P_{UIT}/P_{IN}$

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

$\log_b (a \times c) = \log_b a + \log_b c$

$\log_b \left(\frac{a}{c}\right) = \log_b a - \log_b c$

$\log_b (a^n) = n \times \log_b a$

$\log_b {}^n a = \frac{1}{n} \log_b a$

$\log_b 1 = 0$

$\log_b b = 1$

$\log_b \frac{1}{b} = -1$

$\log_b b^2 = 2$

**Figuur 3/8.10.9-1:** Samenvatting van de logaritmische rekenregels.

Dat was een logisch gevolg van de historische ontwikkeling van de elektronica. Bij de eerste radio-experimenten kwam het er op aan zo efficiënt mogelijk werkende zenders te ontwerpen en de vermogensversterking gaf een duidelijk beeld van het rendement.

Later werd de definitie van de versterkingsfactor uitgebreid en ging men met deze factor ook de spanningsversterking van een schakeling bepalen.

In formule:

Versterking = $U_{UIT}/U_{IN} = A_U$

Zoals uit deze formule blijkt, wordt de spanningsversterking van een trap algemeen aangegeven met het symbool $A_U$.

Omdat de spanningsversterking van een schakeling van een groot aantal factoren afhangt, moet men dit symbool echter specificeren. Zo onderscheidt men de spanningsversterking van een schakeling in onbelaste en in belaste toestand. Doordat iedere schakeling een bepaalde inwendige weerstand heeft zal de schakeling een deel van de beschikbare uitgangsspanning verliezen in zijn eigen inwendige weerstand. De uitgangsspanning is in belaste toestand altijd lager dan in onbelaste toestand en dit uit zich uiteraard ook in de waarde van de spanningsversterking.

Vandaar dat men onderscheid maakt tussen:

- $A_{Uo}$
  De spanningsversterking in onbelaste toestand;
- $A_U$
  De spanningsversterking in normaal belaste toestand.

**Basisregels van het logaritmisch rekenen**
Zoals reeds gezegd is de versterking, uitgedrukt in dB gelijk aan de logaritmische verhouding met grondtal 10 van een uitgangsgrootheid en een ingangsgrootheid.
Om te kunnen begrijpen waarom het bij het werken met dB-waarden volstaat op te tellen en af te trekken in plaats van te vermenigvuldigen en delen moet men enig inzicht hebben in de basisregels van het rekenen met logaritmen.

Deze regels zijn samengevat in figuur 3/8.10.9-1.

Hieruit blijkt bijvoorbeeld dat de logaritmische waarde van het product van twee getallen a en c kan geschreven worden als de som van de individuele logaritmische waarden van a en c. Als a en c de versterkingsfactoren van trappen voorstellen, dan wordt uit deze regel duidelijk waarom het volstaat de som van de twee dB-versterkingen te berekenen om de totale dB-versterking te verkrijgen.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

$$A_P = 10 \times \lg \frac{P_{aus}}{P_{ein}} \text{ (in dB)}$$

$$A_U = 20 \times \lg \frac{U_{aus}}{U_{ein}} \text{ (in dB)}$$

$$A_I = 20 \times \lg \frac{I_{aus}}{I_{ein}} \text{ (in dB)}$$

**Figuur 3/8.10.9-2:** De drie basis-formules voor het onder dB-waarde voorstellen van versterkingsfactoren.

Omdat bovendien de logaritmische waarde van getallen kleiner dan 1 gelijk is aan een negatief getal zal het duidelijk zijn dat verzwakkingen in het systeem voorgesteld worden door negatieve dB-waarden. Deze verzwakkingen kunnen dus onder de vorm van af te trekken dB-versterkingen in de berekeningen worden opgenomen.

**De dB-berekening in de elektronica praktijk**

In figuur 3/8.10.9-2 zijn de drie basisformules gegeven die van pas komen als men de logaritmische theorie wil toepassen bij het berekenen van de dB-waarden van versterkingsfactoren voor vermogen (P), spanning (U) en stroom (I) grootheden.

In deze formules worden de grootheden P, U en I normaal uitgedrukt in W, V en A. De logaritmische dB-waarde kan men ofwel berekenen met een rekenmachine of uit logaritmische tabellen aflezen, ofwel meten met meetapparatuur die is uitgerust met dB-schalen.

In de tabel van figuur 3/8.10.9-3 wordt het verband gegeven tussen enige vaak voorkomende spanningsversterkingsfactoren onder de vorm van de dB-waarde, de verhoudings-waarde en de decimale waarde.

| WAARDE (dB) | RATIO (AFGEROND) | DECIMALE WAARDE (FACTOR) |
|---|---|---|
| -40 | 1/100 | 0,01 |
| -20 | 1/10 | 0,1 |
| -14 | 1/5 | 0,199526 |
| -6 | 1/2 | 0,501187 |
| -3 | 1/1,4 | 0,707945 |
| +3 | 1,4/1 | 1,412537 |
| +6 | 2/1 | 1,995262 |
| +12 | 4/1 | 3,981071 |
| +14 | 5/1 | 5,011872 |
| +20 | 10/1 | 10 |
| +40 | 100/1 | 100 |

**Figuur 3/8.10.9-3:** De dB-waarde van enige vaak voorkomende spanningsversterkingen.

**De dBµV in de HF-techniek**

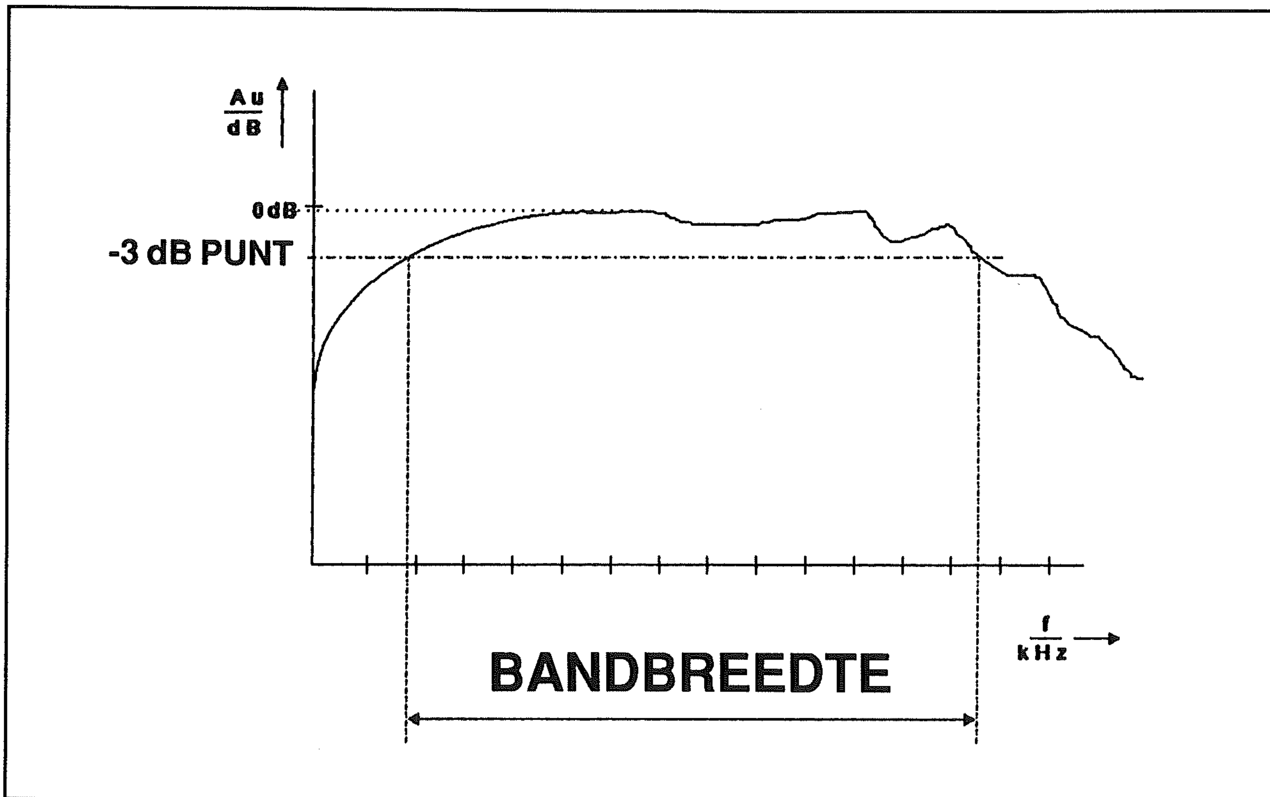
In de antennetechniek wordt met een speciale dB-waarde gerekend, de zogenaamde dBµV.

De dBµV drukt de verhouding uit tussen de spanning die men meet op de uitgangsklemmen van een versterker en een referentiespanning die gelijk is aan 1 µV over een impedantie van 60 Ω.

Enige referentie-waarden van deze verhouding:

00 dBµV = 1,0 µV
04 dBµV = 1,6 µV (ruisdrempel van ruisarme versterkers)
10 dBµV = 3,2 µV
14 dBµV = 5,0 µV
20 dBµV = 10 µV
54 dBµV = 0,5 mV (minimum-signaal voor TV-ontvangers)
83 dBµV = 15 mV

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.9-4:** De grafische weergave van de doorlaatband van een versterker met dB-schaal.

De versterking wordt op de vertikale as uitgezet in dB, de frequentie op de horizontale as volgens een logaritmische schaalindeling. Omdat ook de dB een logaritmische verhouding geeft hebben beide schalen dus een logaritmische indeling!

**De -3 dB waarde en de doorlaatband**
De -3 dB spanningsverhouding wordt gebruikt voor het definiëren van de bandbreedte van versterkers. Dit -3 dB punt is de frequentie waarbij de spanningsversterking van een trap met 3 dB gedaald is ten opzichte van een referentiefrequentie van 1 kHz. Onder decimale vorm komt dit overeen met een spanningsdaling met een factor 0,707.

Als een versterker dus een -3 bandbreedte heeft van 20 Hz tot 20 kHz dan betekent dit dat de spanningsversterking bij deze frequenties met -3 dB of 0,707 gedaald is ten opzichte van de spanningsversterking bij 1 kHz.

In figuur 3/8.10.9-4 is de grafische weergave getekend van een -3 dB doorlaatband van een versterker.

# 3/8.10.10

# Tussen processor en 220 V wisselspanning

## Inleiding

**Processorgestuurde automatisering**
Microprocessoren worden steeds meer toegepast voor het volledig elektronisch besturen van apparaten die vroeger ofwel met de hand werden bediend ofwel door middel van programmawalsen werden bestuurd.
Een typisch voorbeeld is een wasmachine waar de oude, vertrouwde programmawals in de allernieuwste modellen is vervangen door een paneeltje met drukknoppen.

De inventieve zelf-ontwerper, die eenvoudige microprocessoren zoals de MC6800 heeft leren programmeren, kan tal van toepassingen verzinnen waarbij volledig elektronische besturing van netgevoede onderdelen zinvol is.
Enige voorbeelden:
- geprogrammeerde regeling en besturing van de verwarming in huis;
- ontwerp van een geautomatiseerd verlichtingssyteem in huis, waarbij beveiligingslampen automatisch op bepaalde tijden en dagen gaan branden;
- het besturen van lichtreklames;
- het ontwerpen van speciale lichteffecten voor discotheken;
- het ontwerpen van een gecomputeriseerde belichtingsinstallatie voor amateur theaterverenigingen.

**Basiskenmerken van interfacing**
Bij dit soort toepassingen moeten de standaard TTL-signalen, die de processor of de perifere schakelingen leveren, gebruikt worden voor het besturen van netgevoede onderdelen zoals pompen, lampen, afsluitkleppen en ventilatoren. Anderzijds moet de TTL-elektronica bepaalde stuursignalen krijgen van soortgelijke onderdelen.

Tussen de TTL-elektronica en deze netgevoede onderdelen moeten dus interfaceschakelingen opgenomen worden. Deze moeten aan drie voorwaarden voldoen.
- Galvanische scheiding
  Het zal zonder nadere toelichting duidelijk zijn dat het absoluut verboden is de elektronica van de processor rechtstreeks te koppelen met netgevoede onderdelen. De volledige elektronica komt dan immers op netpotentiaal te staan, met alle gevaren van dien! Tussen TTL-elektronica en net moet dus een galvanische barrière opgebouwd worden. Het ligt voor de hand daarvoor optische koppelaars toe te passen.
- Storingsonderdrukking
  De 220 V wisselspanning van het net is alles behalve een zuivere sinus. Bovendien is deze spanning behoorlijk verontreinigd met allerlei stoorsignalen. Dat zijn niet alleen hoogfrequente storingen van thyristor- en triac-schakelin-

gen, maar ook allerlei piepjes die door de energiebedrijven op het net worden gezet voor het inschakelen van nachttariefmeters, straatverlichting, enzoverder. De interfaceschakelingen zullen deze storingen uit het net moeten filteren.

- Logische conventies
  Microprocessoren werken met duidelijk bepaalde lage en hoge niveaus. De netspanning is een onzuivere sinus die 100 maal per seconde gelijk wordt aan nul. De interface-schakelingen die signalen inlezen zullen deze wisselspanning moeten omzetten in mooie digitale AAN/UIT-pulsen.

**Universeel blokschema van een interface**
Aan de hand van de drie basiskenmerken kan men een algemeen blokschema opstellen voor een systeem waarbij een microprocessor diverse netgevoede onderdelen moet besturen en van diverse soortgelijke onderdelen meldsignalen te verwerken krijgt.
Dat blokschema is getekend in figuur 3/8.10.10-1.

In de meeste gevallen kan de microprocessor zélf geen gegevens uitwisselen met de buitenwereld. Daarvoor is een digitale interface noodzakelijk. In de meeste processorfamilies is een zogenaamde PIA, een "Peripheral Interface Adaptor" beschikbaar. Deze PIA zal de gegevens die op de databus staan in een uitgangsbuffer opnemen als er een bepaald adres op de adresbus staat en de processor bepaalde besturingssignalen levert. Daarnaast kan een PIA ook zo gestuurd worden dat digitale gegevens van de buitenwereld via een ingangsbuffer op het juiste moment op de databus van de processor worden gezet. Een PIA is dus een tweerichtings systeem met geheugen, waarmee de besturingssoftware in staat wordt gesteld kortdurende gegevens op de databus om te zetten in langdurig ter beschikking staande signalen in de uitgangsbuffer of op willekeurige momenten optredende meldsignalen op te slaan in de ingangsbuffer tot het geschikte moment is aangebroken om deze aan de processor aan te bieden.
In de praktijk zal met een 8-bit processor gewerkt worden. Men kan dus rechtstreeks acht AAN/UIT-signalen aan de buitenwereld aanbieden of even veel signalen in het systeem inlezen. Dat is in de meeste gevallen meer dan voldoende.

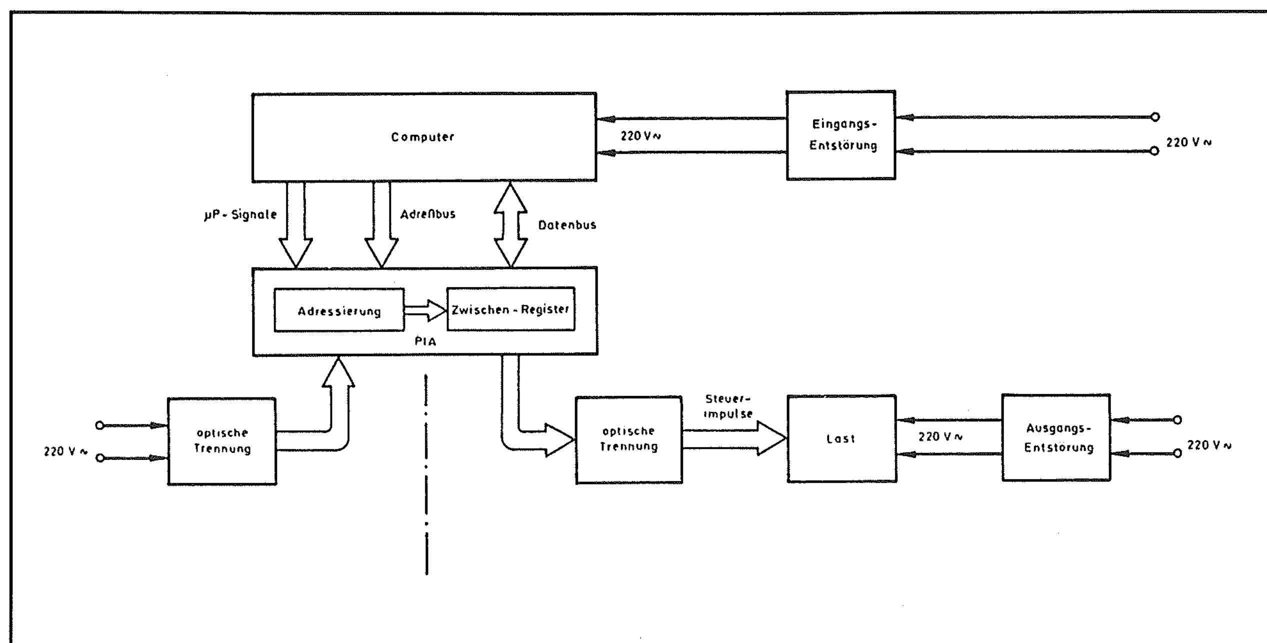
De gegevens in de uitgangsbuffer van de PIA moeten via optische koppelaars omgezet worden in besturingssignalen voor de netgevoede belastingen. In de meeste gevallen zullen de eigenlijke netschakelaars opgebouwd worden met thyristoren of triac's. Omdat deze onderdelen veel stoorpulsen op het net introduceren is het noodzakelijk tussen de belasting en het net ontstoringsfilters op te nemen.

De meldsignalen die van het net afkomstig zijn moeten via optische koppelaars omgezet worden in mooie TTL-signalen die in de ingangsbuffer van de PIA kunnen worden ingelezen.

Het is bij het ontwerpen van dergelijke systemen van het grootste belang dat ook aandacht wordt besteed aan het ontstoren van de voeding van het digitale systeem. Tussen het net en de voeding van de microprocessor moet dus ook een filter worden opgenomen.

**Wat aan de orde komt**
De PIA en de microprocessor kunnen als een eenheid beschouwd worden.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.10-1:** Een algemeen universeel blokschema voor het interfacen tussen een microprocessor en netgevoede onderdelen.

De werking en besturing van beide schakelingen zijn uiteraard volledig afhankelijk van het type processor dat gebruikt wordt en deze aspecten blijven in dit hoofdstuk buiten beschouwing.

Wat wel aan de orde komt zijn schakelingen die:

- de 220 V netspanning omzetten in mooie TTL-compatibele signalen;
- de +5 V TTL-signalen gebruiken voor het in- en uitschakelen van netgevoede verbruikers;
- een aantal TTL-signalen omzetten in een besturingssignaal, waarmee vermogensregeling door middel van faseaansnijsturing gerealiseerd kan worden, de zogenaamde proportionele regelingen;
- de stoorpulsen van de thyristor- of triacschakelingen zo goed mogelijk onderdrukken;
- de voeding van de processor vrijwaren van netspanningsstoringen.

# Van 220 V~ naar +5 V TTL

**Inleiding**

Een goed besturingssysteem stuurt niet alleen signalen naar verbruikers, maar controleert ook of deze verbruikers het wel doen. Als de processor bijvoorbeeld een pomp onder bepaalde condities inschakelt is het noodzakelijk te controleren of deze pomp ook echt gaat draaien. Het is dan niet voldoende te controleren of de netspanning aan de pomp wordt aangelegd.

Er zou bijvoorbeeld een onderbreking in het motorcircuit kunnen ontstaan waardoor de pomp het niet doet. Men moet dus zowel kunnen controleren of de netspanning op bepaalde punten van het systeem aanwezig is en of verbruikers stroom opnemen uit deze spanning. Zowel het ene als het andere kan tamelijk

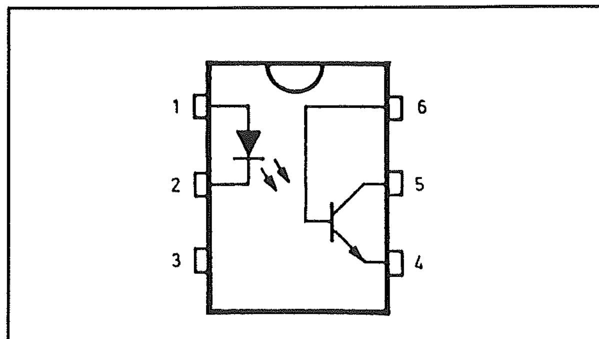
eenvoudig gedetecteerd worden met behulp van optische koppelaars.

**Standaard optische koppelaars**
Tegenwoordig worden optische koppelaars, samengesteld uit een infrarode LED en een fototransistor, geleverd in de standaardbehuizing die in figuur 3/8.10.10-2 is getekend.

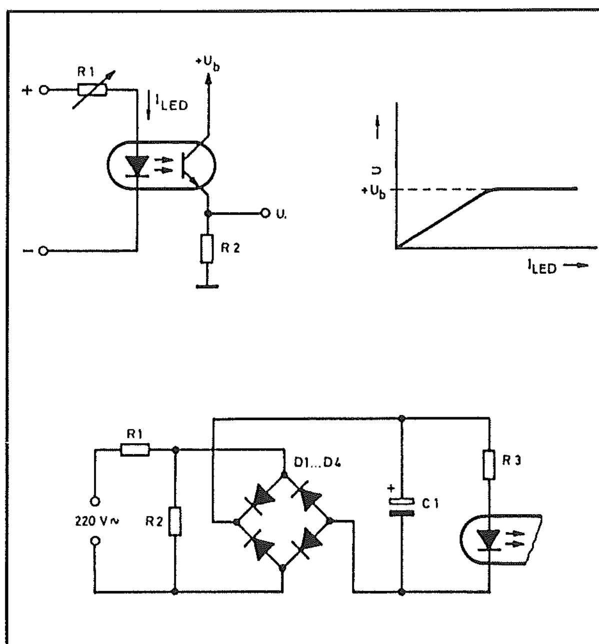
Er bestaat een typisch verband tussen de stroom $I_{LED}$ die door de LED wordt gestuurd en de uitgangsspanning die ontstaat over de emitterweerstand van de als emittervolger geschakelde fototransistor. Dat verband is getekend in de bovenste tekening van figuur 3/8.10.10-3.

Als de LED-stroom vrij klein is en langzaam toeneemt, dan zal ook de emitterspanning langzaam stijgen. Dit is het proportionele gebied van de optische koppelaar. Er bestaat een bepaalde grenswaarde van de LED-stroom, waarbij de emittervolger volledig in verzadiging wordt gestuurd.
De spanning over de emitterweerstand is dan gelijk aan de voedingsspanning van de fototransistor. Omdat het ingangssignaal in een spanning moet worden omgezet die of 0 V is of +5 V is, zal men ervoor moeten zorgen dat de stroom $I_{LED}$ ofwel nul is, ofwel groter is dan de drempelwaarde.

In de onderste tekening van figuur 3/8.10.10-3 is een eenvoudige schakeling getekend waarmee dat kan.
Het 220 V meldsignaal wordt eerst door middel van de spanningsdeler R1/R2 tot ongeveer 10 V gereduceerd en nadien gelijkgericht door de bruggelijkrichter. De gelijkgerichte spanning wordt afgevlakt met C1.



**Figuur 3/8.10.10-2:** De standaardbehuizing van gewone optische koppelaars.



**Figuur 3/8.10.10-3:** Het omzetten van een 220 V signaal in een TTL-puls.

De spanning over deze condensator stuurt via weerstand R3 een gelijkstroom door de LED die zo groot is dat de drempelwaarde ruimschoots wordt overschreden. Als op de ingang een 220 V spanning wordt aangelegd zal over de emitterweerstand van de fototransistor een +5 V spanning ontstaan.

Deze eenvoudige schakeling heeft echter een aantal nadelen.

- Op de eerste plaats gaat flink wat vermogen verloren in de resistieve spanningsdeler aan de ingang. Over de weerstand R1 valt een wisselspanning van ongeveer 210 V en als de totale stroom gelijk is aan 10 mA verbruikt deze weerstand 2,1 W!
- Op de tweede plaats veroorzaakt de elco een bepaalde vertraging tussen het verschijnen van de netspanning op de ingang en het ontstaan van de TTL-puls over de emitterweerstand.
- Op de derde plaats zal, bij het wegvallen van de netspanning, de elco langzaam ontladen worden door de LED-stroom. Het gevolg is dat deze stroom even binnen het gebied van de proportionele werking valt en de spanning over de emitterweerstand even in het in de TTL-logica ongedefinieerde gebied tussen "H" en "L" staat.

**Verlagen van het verliesvermogen**

Het probleem van het grote verliesvermogen kan opgelost worden door de weerstandsdeler niet resistief, maar capacitief uit te voeren. Het basisschema is getekend in figuur 3/8.10.10-4.

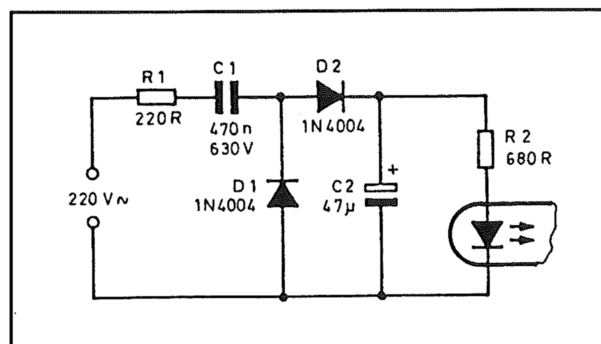
De condensator C1 heeft een wisselspanningsimpedantie waarvan de waarde gegeven wordt door de formule:

$Z_C = 1 / (2 \times \pi \times f \times C)$

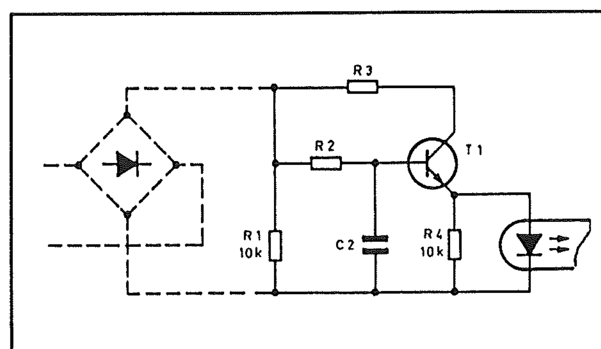
De weerstand R1 beperkt de inschakelstroom door het systeem, de dioden zorgen samen met de condensator C2 voor de gelijkrichting van het stuursignaal.

**Het reduceren van de vertraging**

De door de afvlakelco geïntroduceerde vertraging kan worden gereduceerd door het schema van figuur 3/8.10.10-5 toe te passen.




**Figuur 3/8.10.10-4:** Het reduceren van de netspanning door middel van een serie-condensator.




**Figuur 3/8.10.10-5:** Het reduceren van de vertraging tussen in- en uitgangssignaal.

Tussen de gelijkrichter en de LED van de optische koppelaar is een gefilterde emittervolger opgenomen. De basis wordt gestuurd uit een RC-filter. Omdat weerstand R2 tamelijk groot kan zijn, mag de waarde van de condensator C2 tamelijk klein worden. De stroomversterking van de transistor zorgt voor een impedantie-aanpassing tussen het filter en de LED.

**Het opheffen van de ongedefinieerde toestand in de uitgangsspanning**

Alle tot nu toe besproken schakelingen hebben als nadeel dat de spanning op de uitgang tamelijk traag omschakelt tussen "L" en "H" en vice versa. De meeste TTL-schakelingen stellen een minimale flank-

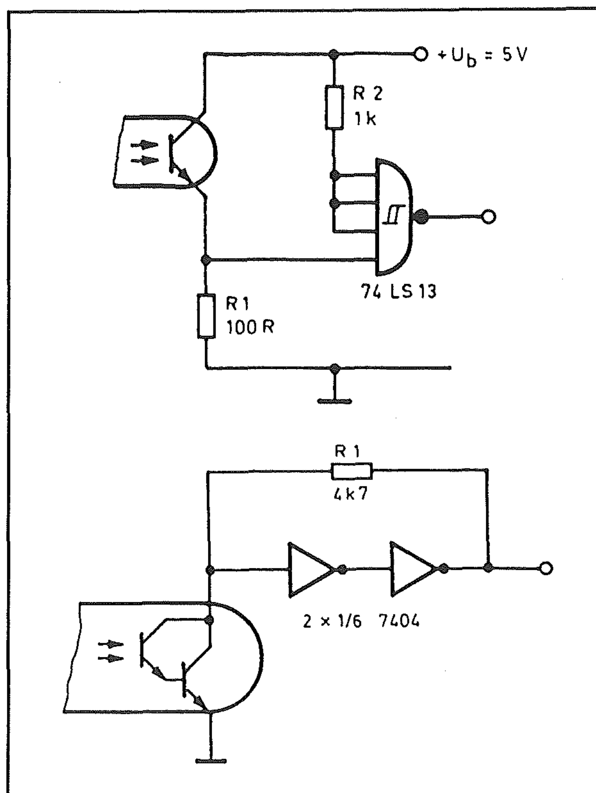
steilheid als eis aan hun ingangssignalen. Grotere stijg- en daaltijden kunnen tot gevolg hebben dat de TTL-schakeling intern gaat oscilleren.
Om dit probleem te verhelpen is het noodzakelijk dat de emittervolger rond de fototransistor wordt afgesloten met een Schmitt-trigger.

In figuur 3/8.10.10-6 zijn twee bruikbare schakelingen getekend.

In het bovenste schema wordt een poort van een 7413 gebruikt om het uitgangssignaal geschikt te maken voor TTL-verwerking. Nadeel van dit systeem is dat deze poort het signaal inverteert, zodat het aanleggen van de netspanning tot gevolg heeft dat het uitgangssignaal "L" wordt.
Het onderste schema heeft dit nadeel niet. Daar worden twee invertors gebruikt voor het samenstellen van een Schmitt-trigger. De standaard emittervolgerschakeling wordt nu echter niet meer gebruikt. De fototransistor van de optische koppelaar maakt nu deel uit van de Schmitt-trigger schakeling. De dynamische impedantie van deze halfgeleider vormt samen met weerstand R1 een terugkoppeling tussen in- en uitgang, die de schakeling de typische Schmitt-trigger eigenschappen verschaffen.

## Speciale optische koppelaars

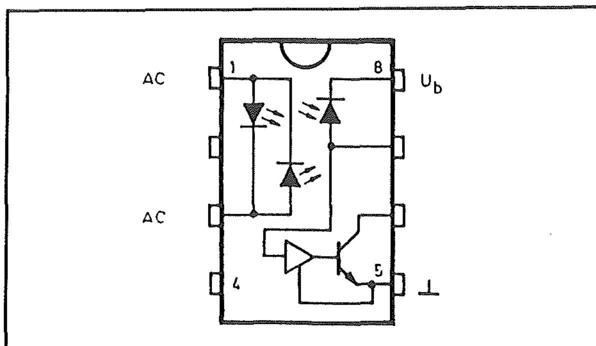
Door verschillende halfgeleiderfabrikanten worden speciale optische koppelaars op de markt gebracht. Deze schakelingen zijn ontworpen om met een minimum aan externe componenten 220 V wisselspanningssignalen om te zetten in mooie TTL-compatibele pulsen. Wij beperken ons tot een korte bespreking van de MID400 van General Instruments en de HCPL3700 van Hewlett Packard.




**Figuur 3/8.10.10-6:** Tussen de optische koppelaar en TTL-schakelingen moet een Schmitt-trigger worden opgenomen.

## De MID400

Het interne blokschema en de aansluitgegevens van deze optische koppelaar zijn samengevat in figuur 3/8.10.10-7.



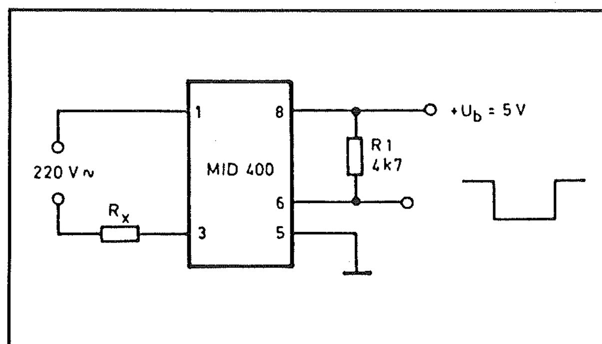

**Figuur 3/8.10.10-7:** De optische koppelaar MID400 van General Instruments.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

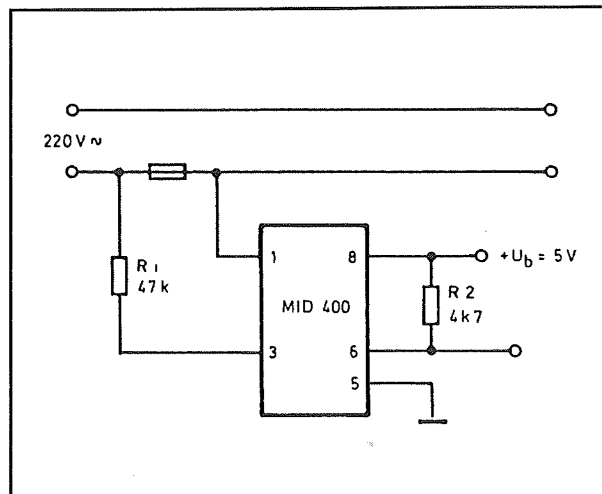
Het primaire circuit is samengesteld uit twee zeer gevoelige anti-parallel geschakelde LED's. Dat is dus al een grote verbetering ten opzichte van de traditionele optische koppelaars! Het secundaire circuit bestaat uit een fotodiode, een versterker en een transistor met "open collector"-uitgang.
Vanwege de twee anti-parallel geschakelde LED's kan men het IC rechtstreeks met wisselspanning sturen, zodat de noodzaak tot gelijkrichting van de netspanning vervalt. Het enige waarop men moet letten is dat de stroom door de LED's begrensd moet worden tot 25 mA. De minimale stroom door de LED's waarop de uitgang een goed bruikbaar TTL-signaal aflevert is 4 mA.
De uitgangstransistor kan gevoed worden uit een spanning van maximaal +7 V en mag belast worden met een stroom van 20 mA.

In figuur 3/8.10.10-8 is het basisschema rond een MID400 getekend.

De uitgangsspanning is gelijk aan +5 V als er geen wisselspanning aan de ingang ligt en gaat met een daaltijd van maximaal 1 ms naar 0 V als op de ingang een 220 V wisselspanningssignaal wordt aangeboden.




**Figuur 3/8.10.10-8:** Het basisschema rond de MID400.




**Figuur 3/8.10.10-9:** Met deze schakeling kan het doorslaan van een zekering gedetecteerd worden.

In figuur 3/8.10.10-9 is een schakeling getekend, waarbij een MID400 wordt gebruikt om het smelten van een zekering in het 220 V net te detecteren.

Als de zekering goed is zal er geen spanning staan tussen de primaire aansluitingen van de MID400. De uitgang levert dus een "H" af. Als de zekering smelt zal de volle 220 V over de zekering komen te staan. De verbruiker heeft immers een te verwaarlozen weerstand ten opzichte van de 47 kΩ die in serie met de MID400 staat! De uitgang gaat dan naar "L".

In figuur 3/8.10.10-10 is een schakeling getekend, waarmee men kan detecteren of een verbruiker vermogen uit het 220 V net opneemt. De onderste MID400 detecteert de aanwezigheid van de netspanning. De bovenste MID400 meet of er wisselstroom vloeit door de zes siliciumdioden. De ongeveer 2,1 V geleidingsspanning die over deze onderdelen ontstaat activeert de optische koppelaar. De twee uitgangen worden aangeboden aan een NOR-poort. De uitgang van deze

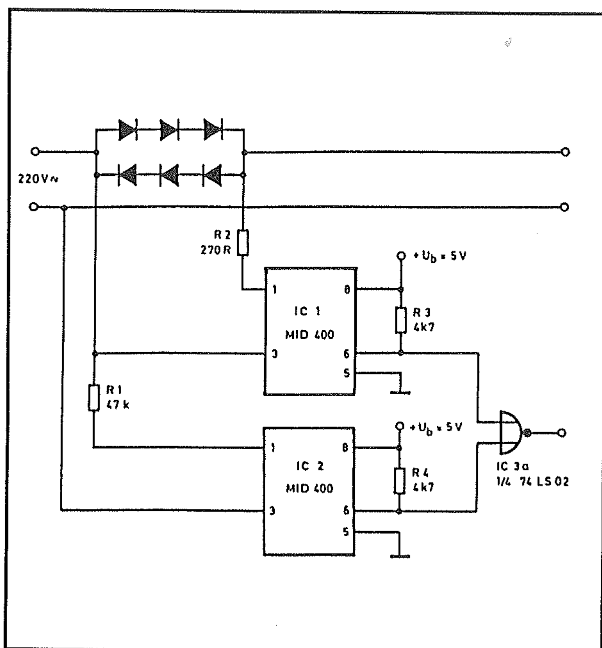
poort wordt "H" als de netspanning aanwezig is en de verbruiker stroom opneemt.

## De HCPL3700

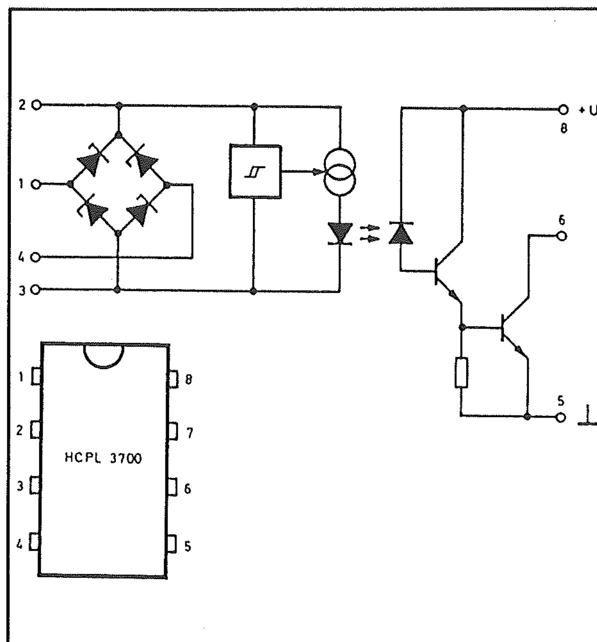
Hewlett Packard biedt onder de benaming "Interface opto-coupler" een zeer universele bouwsteen aan. Het interne schema en de aansluitcode van deze HCPL3700 zijn getekend in figuur 3/8.10.10-11.

Het primaire circuit kan zowel met gelijkspanning gestuurd worden tussen de pennen 2 en 3 als met wisselspanning tussen de pennen 1 en 4. De maximale stroom bedraagt 50 mA. Het secundaire circuit bestaat uit een fotodiode en een Darlington.

Deze schakeling kan gevoed worden uit maximaal 18 V en kan met 30 mA belast worden. Ook dit IC is uitgerust met een "open collector"-uitgang.




**Figuur 3/8.10.10-10:** Het detecteren van het verbruiken van vermogen door een belasting.




**Figuur 3/8.10.10-11:** Inwendig schema en aansluitingen van de HCPL3700.

De voornaamste eigenschap van dit IC is de ingebouwde Schmitt-trigger in het primaire circuit. Deze schakelt een constante stroombron in en uit. De twee drempels van deze schakeling bedragen 2,5 en 1,3 mA. Bij een ingangsstroom groter dan 2,5 mA zal de uitgangstransistor in geleiding gestuurd worden. Als nadien de ingangsstroom tot onder de 1,3 mA daalt gaat deze halfgeleider naar sper.

Het basisschema met de in- en uitgangsspanningen is getekend in figuur 3/8.10.10-12.

De voorschakelweerstand wordt in twee even grote weerstanden $1/2R_x$ gesplitst.

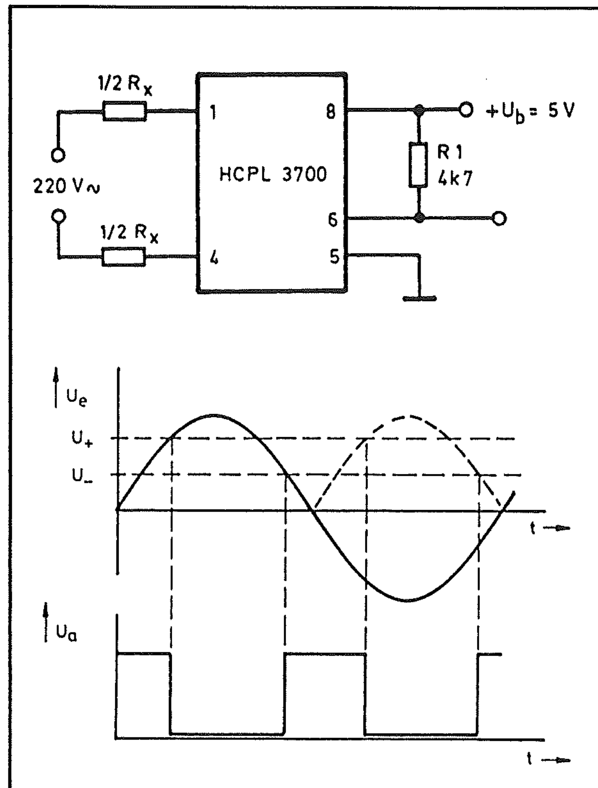
De waarde van $R_x$ kan berekend worden uit de formule:

$$R_x = (U_+ - 5{,}1\ V) / 2{,}5\ mA$$

De waarde van de uitschakeldrempel $U_-$ volgt uit de formule:

$$U_- = (R_x \cdot 1{,}3\ mA) + 3{,}8\ V$$

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.10-12:** Het basisschema rond de HCPL3700 met het verband tussen de in- en de uitgangsspanningen.

In de meeste gevallen zal men absoluut geen behoefte hebben aan een pulsspanning met een frequentie van 100 Hz! Om de uitgangsspanning om te zetten in mooie TTL-niveaus volstaat het een condensator van 10 μF te schakelen tussen de pennen 2 en 3, waarbij de plus aan pen 2 komt.

# Van +5 V TTL naar 220 V~

### Inleiding

Het zal duidelijk zijn dat dit soort interfaceschakelingen ook gebruik moet maken van optische koppelaars. De LED wordt nu echter gestuurd uit de TTL- of CMOS-signalen van de PIA, de fototransistor is opgenomen in een schakeling die de 220 V netspanning aan een verbruiker aanbiedt.

Er zijn dus twee problemen op te lossen, namelijk hoe de LED uit standaard TTL- of CMOS-schakelingen gevoed kan worden en hoe het geleiden van de fototransistor omgezet kan worden in het inschakelen van de 220 V netspanning.

### Het sturen van de LED

Werkt men met TTL-schakelingen, dan is er geen probleem.

Een lage TTL-uitgang kan namelijk maximaal 10 mA opnemen zonder dat de spanning stijgt tot boven de kritische drempel van 0,4 V.

Zoals het de linker schema van figuur 3/8.10.10-13 is getekend volstaat het dus de LED van de optische koppelaar in serie met een stroombegrenzingsweerstand R1 op de uitgang van de TTL-poort aan te sluiten.

De LED gaat branden als de uitgang van de poort "L" wordt.

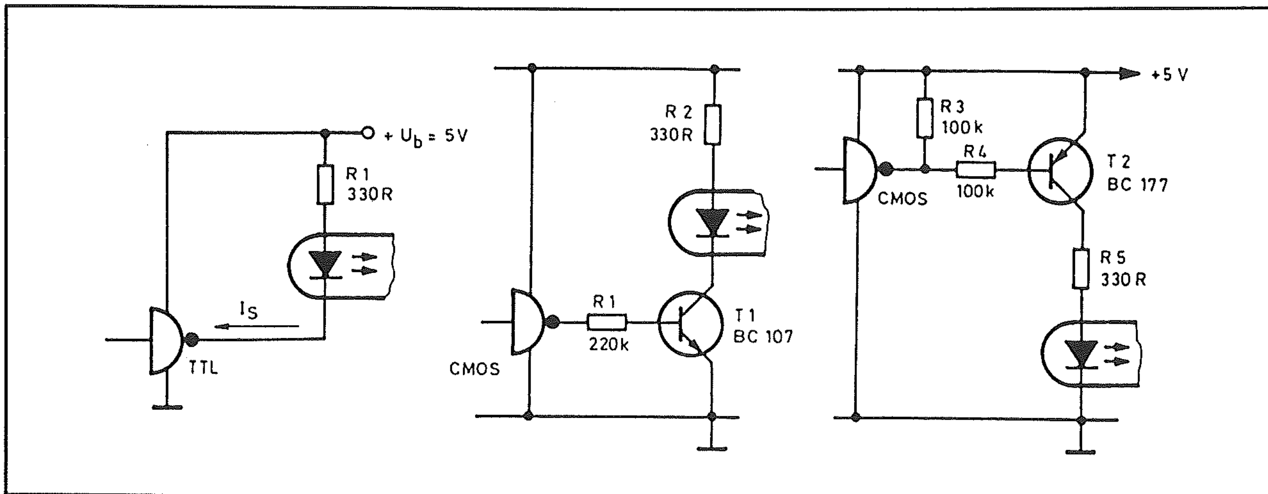
Bij CMOS-logica heeft men een tussentrap nodig.

Deze poorten kunnen immers nauwelijks stroom leveren.

De twee rechter schema's geven twee oplossingen. Het middelste schema activeert de LED bij een "L" aan de ingang van de poort.

De hoge uitgang stuurt de transistor in geleiding en de LED gaat branden. Het rechter schema is bruikbaar als men de LED wil sturen uit een "H". De uitgang van de poort wordt dan "L" en het gevolg is dat de basis van de transistor T2 stroom gaat trekken.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

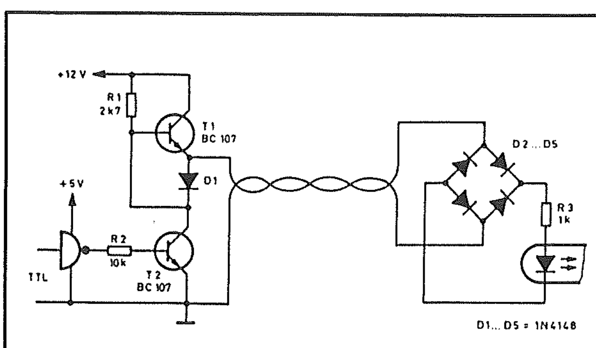



**Figuur 3/8.10.10-13:** Het sturen van optische koppelaars uit standaard TTL- en CMOS-logica.

## Besturen op afstand

In de praktijk zal het vaak voorkomen dat de in te schakelen verbruiker op een tamelijk grote afstand van het processorsysteem aanwezig is. Het is dan veel eenvoudiger de vermogensschakeling bij de verbruiker onder te brengen en het stuursignaal vanuit het processorsysteem door middel van een lange leiding aan deze schakeling aan te bieden.

In figuur 3/8.10.10-14 wordt een schema voorgesteld waarmee stuurpulsen over lange afstanden kunnen worden getransporteerd.



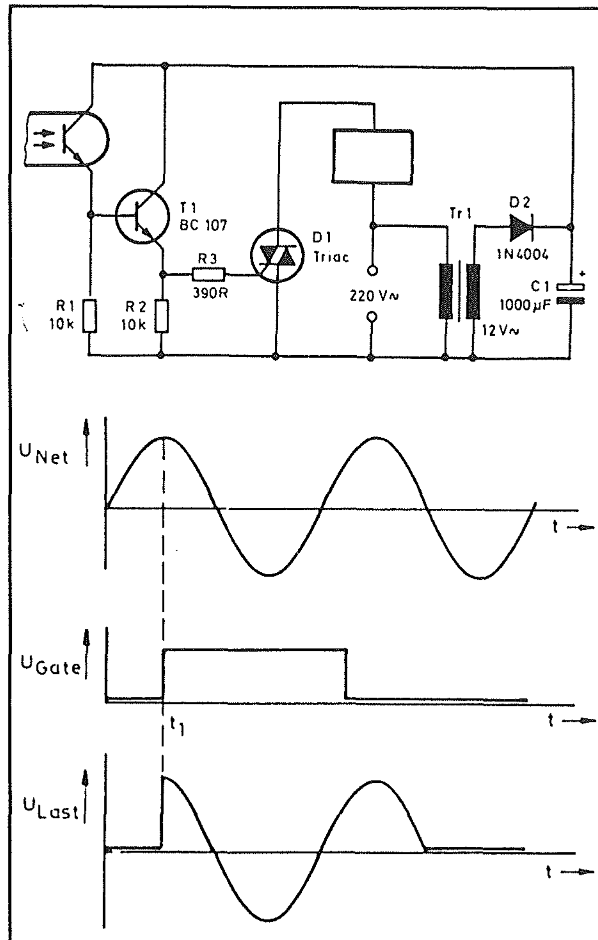

**Figuur 3/8.10.10-14:** Het transporteren van besturingssignalen over grote afstanden.

De TTL-pulsen worden eerst door middel van een eindtrap omgezet in pulsen met een amplitude van 12 V. Als de TTL-poort een hoge uitgang levert wordt transistor T2 in geleiding gestuurd. De lijn is dan via diode D1 met de massa verbonden en is dus "L". Als de poort een lage uitgang levert zal T2 sperren. Transistor T1 zal nu in geleiding worden gestuurd, de lijn wordt met de +12 V verbonden. De trap is dus niets anders dan een elektronische omschakelaar, die de lijn ofwel met de massa ofwel met de +12 V doorverbindt. In beide gevallen is de impedantie zeer laag. Aan de ontvangerzijde wordt de LED van de optische koppelaar via een bruggelijkrichter uit de lijn gevoed. Deze brug heeft als voordeel dat het niet uitmaakt hoe de twee aders van de lijn met de ontvanger worden verbonden. De brug zorgt ervoor dat de stroom steeds van anode naar kathode door de LED zal stromen.

## De belasting heeft een eigen voeding

Als het in te schakelen apparaat een eigen voeding heeft kan men het schema van figuur 3/8.10.10-15 toepassen.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.10-15:** Inschakelen van een belasting als deze over een eigen voeding beschikt.

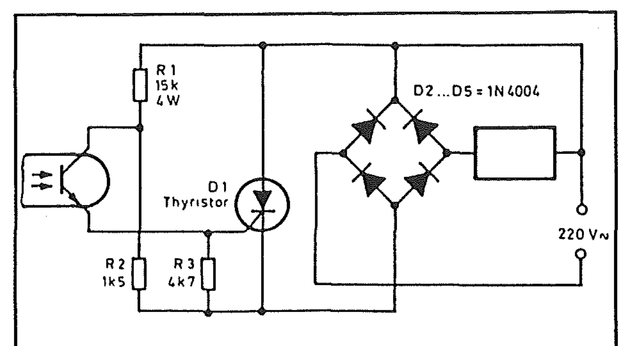
De fototransistor van de optische koppelaar is weer als emittervolger geschakeld. Het signaal op de emitter wordt via een stroomversterker rond transistor T1 aangeboden aan de gate van een triac. Deze schakelt de verbruiker aan het 220 V net als de LED van de optische koppelaar wordt gestuurd.

Dit eenvoudige systeem heeft twee nadelen.

- Eigen netvoeding
  Iedere verbruiker moet uitgerust worden met een eigen netvoeding. Weliswaar kan zo'n voeding bestaan uit niets meer dan een klein trafootje, een gelijkrichtdiode en een afvlakelco, maar deze onderdelen kosten toch geld en nemen bovendien plaats in. Het zal wel duidelijk zijn dat deze voeding, die rechtstreeks met het net verbonden is, voor niets anders gebruikt mag worden!
- Inschakelpulsen
  Een groter nadeel is dat de triac wordt ontstoken op het moment dat de LED van de optische koppelaar wordt aangestuurd. Zoals uit de grafieken blijkt kan dat gebeuren op het moment dat de sinus van de netspanning zijn maximale topwaarde heeft bereikt. Er vloeit dan een zeer grote inschakelstroom door de verbruiker, met als gevolg dat het net stotend belast wordt en er veel hogere harmonischen worden opgewekt. Deze storingen moeten weer uitgefilterd worden! Dit probleem kan opgelost worden door het ontsteken van de thyristor of triac te synchroniseren met de nuldoorgang van de netspanning.

**Sturing uit de netspanning**

Het probleem van de eigen voeding kan opgelost worden door de schakeling van figuur 3/8.10.10-16 toe te passen.

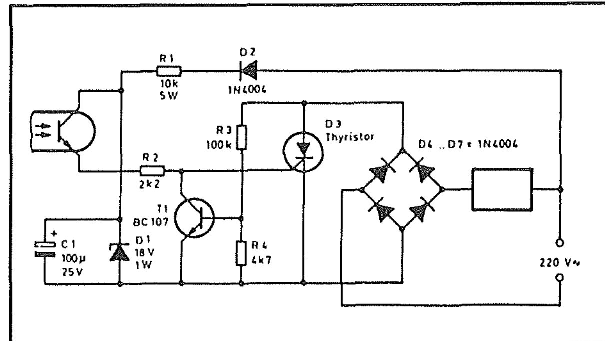



**Figuur 3/8.10.10-16:** Voeding van de fototransistor uit het 220 V net.

De fototransistor van de optische koppelaar wordt nu rechtstreeks uit de 220 V gevoed. Er doen zich twee problemen voor. Op de eerste plaats moet de collector van de transistor natuurlijk steeds positief zijn ten opzichte van de emitter. Vandaar dat de netspanning wordt gelijkgericht door de bruggelijkrichter. Op de tweede plaats hebben fototransistoren een vrij lage doorslagspanning van ongeveer 30 V. Vandaar dat de gelijkgerichte netspanning door de weerstandsdeler R1/R2 wordt gereduceerd. De emittervolger wordt gevoed uit de gereduceerde netspanning. Als de LED van de optische koppelaar wordt aangestuurd zal de fototransistor gaan geleiden. De gate van de thyristor D1 wordt dan gestuurd met de steeds positieve stroom die uit de brug wordt betrokken en via R1 en de fototransistor afvloeit naar de tweede aansluiting van de brug. Door het in geleiding komen van de thyristor wordt de gelijkrichtbrug kortgesloten. De belasting wordt via de brug met de netspanning verbonden.

Deze schakeling werkt uitstekend maar heeft twee nadelen. Op de eerste plaats moet R1 een flinke vermogensweerstand zijn, op de tweede plaats werkt de schakeling nog steeds niet gesynchroniseerd met de nuldoorgang van de netspanning.

**Synchronisatie op de nuldoorgang**
Om de stotende belasting van het 220 V net te voorkomen mag de thyristor of triac alleen ingeschakeld worden op het moment dat de momentele waarde van de netspanning ongeveer nul is. De inschakelstroom is dan zo goed als nul en het net wordt gelijkmatig belast. Met het gelijkmatig stijgen van de netspanning zal ook de stroom gelijkmatig stijgen.



**Figuur 3/8.10.10-17:** Uitbreiding van de schakeling uit de vorige figuur met nuldoorgangs-synchronisatie.

In figuur 3/8.10.10-17 is een schakeling getekend waarmee dat kan.

De fototransistor wordt nu gevoed uit een gestabiliseerde en afgevlakte gelijkspanning. Deze voedingsspanning wordt opgewekt door de gelijkrichtdiode D2, de weerstand R1, de zenerdiode D1 en de elco C1. Tussen de emitter van de transistor en de gate van de thyristor is een extra schakeltrap opgenomen. De basis van T1 wordt via de weerstanden R3 en R4 gestuurd uit de gelijkgerichte, maar niet afgevlakte netspanning. Het gevolg is dat deze transistor gedurende het grootste deel van de periode van de netspanning geleidt. Alleen als de netspanning door de nul gaat zal de transistor even sperren. De kortsluiting tussen de gate van de thyristor en de massa wordt opgeheven en de thyristor wordt in geleiding gestuurd. Dit natuurlijk in de veronderstelling dat de optische koppelaar gestuurd wordt en de fototransistor geleidt!

**Centrale synchronisatie op de nuldoorgang**
Bij uitgebreide systemen waar tientallen lampen uit de processor gestuurd moeten worden is het economischer de synchronisatie op de nuldoorgang van de net-

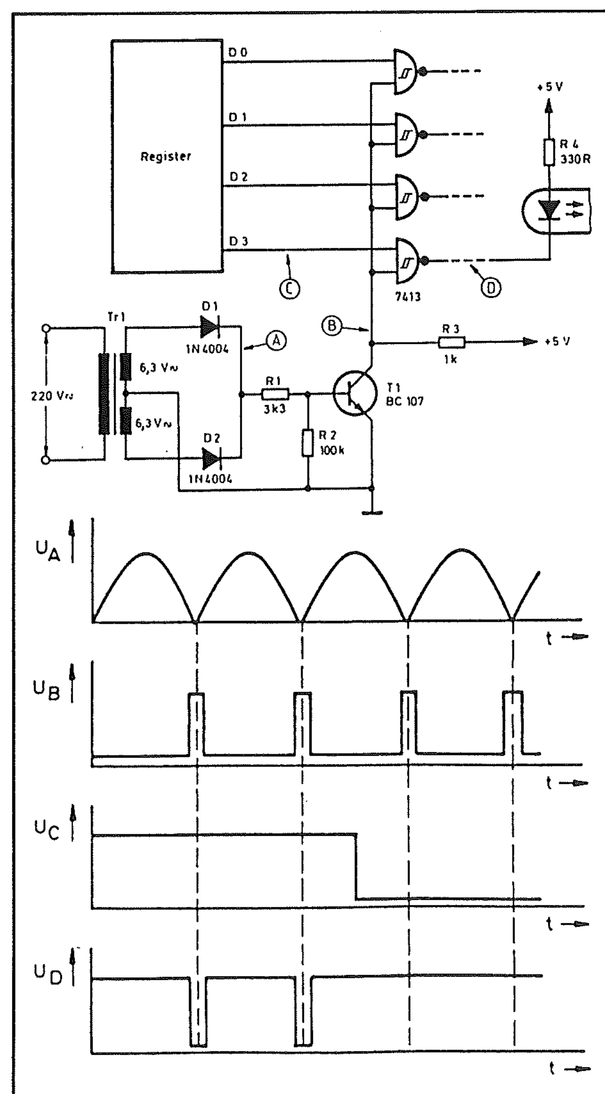
**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

spanning in te bouwen in de TTL-schakelingen rond de processor en/of PIA.
Tot nu toe werden de TTL- of CMOS-signalen omgezet in stuurstromen waarmee de LED's in de optische koppelaars werden aangestuurd.
Het volstaat echter een korte positieve puls rond de nuldoorgang van het net op deze LED's te zetten.
Thyristoren en triac's hebben immers de eigenschap dat zij ontstoken blijven totdat de stroom erdoor onder een bepaalde houdwaarde valt. Door dus een korte ontsteekpuls in de gate te sturen even na de nuldoorgang van het net zal de thyristor of triac voor de rest van de halve periode ontstoken blijven.

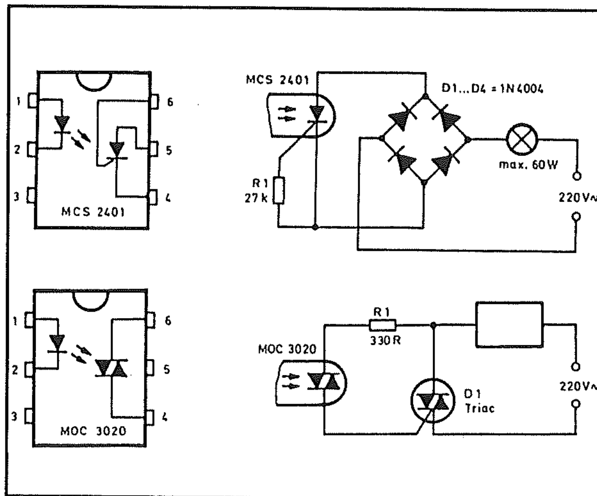
In figuur 3/8.10.10-18 is een systeem geschetst waarmee vier stuursignalen voor optische koppelaars gesynchroniseerd kunnen worden op de nuldoorgang van de sinussen van het net.

Uit een klein voedingstrafootje wordt door middel van twee dioden D1 en D2 een gelijkgerichte maar niet afgevlakte wisselspanning afgeleid. Deze pulsen worden aangeboden aan de basis van de transistor T1.
Deze halfgeleider zal geleiden, behalve rond de nuldoorgang van het net. Op de collector ontstaan dus smalle positieve pulsen die gesynchroniseerd zijn met de nuldoorgang van het net. Deze pulsen worden aangeboden aan de ingangen van Schmitt-trigger poorten van het type 7413. De overige ingangen van de poorten gaan naar de stuuruitgangen van de PIA.
Als een stuursignaal, bijvoorbeeld $U_C$, "L" is zal de uitgang van de poort "H" zijn ($U_D$).

Er vloeit geen stroom door de LED in de optische koppelaar. Als de stuurspanning "H" wordt zal de uitgang van de poort "H" blijven, behalve tijdens de nul doorgang van het net. Op dat moment zijn immers beide ingangen van de poort "H" en de uitgang wordt "L". De LED wordt door deze lage pulsen gestuurd, de fototransistor van de optische koppelaar wordt dan alleen in geleiding gestuurd rond de nuldoorgang van de netspanning.




**Figuur 3/8.10.10-18:** Nuldoorgangs-synchronisatie in de digitale schakelingen voor het sturen van vier belastingen.




Figuur 3/8.10.10-19: Aansluitgegevens en voorbeeldschakelingen van en met optische koppelaars met thyristoren en triac's.

**Speciale optische koppelaars**

Door diverse fabrikanten worden optische koppelaars op de markt gebracht, waarbij de fototransistor is vervangen door een fotothyristor of een fototriac.
De standaard aansluitgegevens en de al even standaard voorbeeldschakelingen zijn samengevat in figuur 3/8.10.10-19.

Het type MCS2401 wordt door General Instruments verkocht. De LED mag belast worden met maximaal 60 mA. De thyristor kan een piekstroom van 1 A leveren en een gemiddelde stroom van 400 mA. De sperspanning bedraagt 400 V. Met deze optische koppelaar kan men dus belastingen tot 60 VA schakelen.

De MOC3020 van Motorola kan aan de LED-zijde belast worden met 50 mA. De minimale diodestroom waarbij de triac gegarandeerd wordt aangestuurd bedraagt 10 mA. De optische triac heeft een doorslagspanning van 400 V en een gemiddelde stroom van 100 mA. In de voorbeeldschakeling wordt de optische triac gebruikt als ontsteekelement voor een zware externe triac. Met de 100 mA kan men zelfs de zwaarste triac's schakelen, zodat het met zegge en schrijven drie componenten mogelijk is vermogens van meerdere kVA uit een +5 V signaaltje te schakelen!

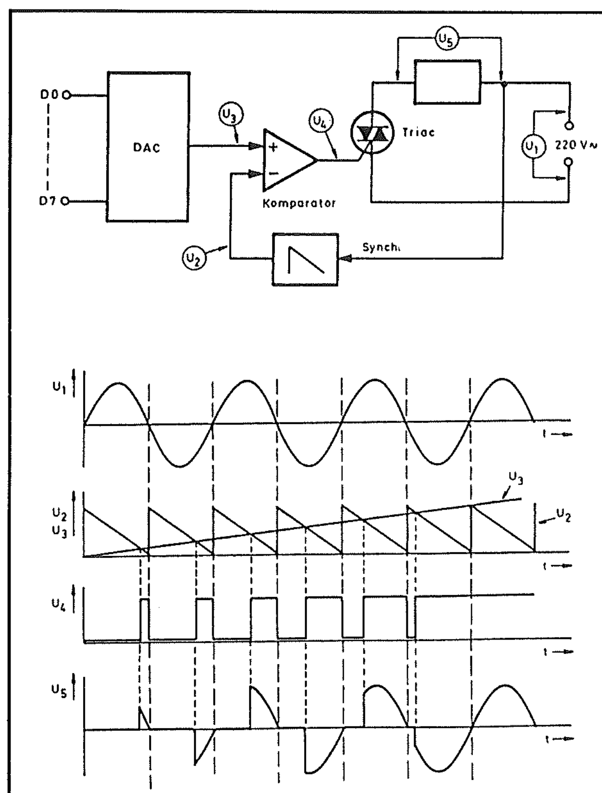
# Proportionele regeling

**Inleiding**

Alle tot nu toe beschreven interfaces werken als elektronische AAN/UIT-schakelaars. Als de processor/PIA combinatie een "H" of een "L" levert, dan wordt een thyristor of triac ingeschakeld waardoor een belasting met het net verbonden wordt. Als het logische niveau inverteert wordt de elektronische schakelaar niet meer gestuurd.

Er zijn echter tal van toepassingen te verzinnen, waarbij het noodzakelijk of nuttig is het vermogen van een verbruiker in stappen te regelen.
Denk maar aan grote verwarmingselementen of spots voor theaterbelichtingen. In principe komt het er dus op neer een soort lichtdimmerschakelingen te ontwerpen, die gestuurd worden uit de binaire informatie die op de uitgangen van de uitgangsbuffer van de PIA ter beschikking staan.

Omdat er gewerkt wordt met 8-bit brede processoren en dito PIA's kan men de binaire code op alle acht de uitgangen omzetten in $2^8 = 256$ verschillende besturingsstappen.
Het is dus in principe mogelijk de intensiteit van een netgevoede lamp in 256 intensiteitsstappen te regelen!




**Figuur 3/8.10.10-20:** Algemeen blokschema van en signaalverloop in een proportioneel systeem.

## Algemeen principe van proportionele sturing

Het algemeen blokschema van een proportioneel besturingssysteem is getekend in figuur 3/8.10.10-20.

De acht uitgangen van de uitgangsbuffer van de PIA worden aangeboden aan de ingangen van een 8-bit brede digitaal naar analoog omzetter (DAC). Deze schakeling zet de 256 verschillende binaire codes om in een gelijkspanning waarvan de grootte bepaald wordt door het "binaire gewicht" van de binaire code. Deze analoge spanning $U_3$ wordt in een comparator vergeleken met een netgesynchroniseerde zaagtand $U_2$. Zoals uit de grafieken blijkt doorloopt deze zaagtand één periode per halve sinus van de netspanning.

Op de uitgang van de comparator ontstaan positieve pulsen $U_4$. De achterflank van deze pulsen loopt synchroon met de nuldoorgang van de netspanning. De positie van de voorflank wordt bepaald door de grootte van de uitgangsspanning van de DAC.
Hoe groter deze spanning, hoe meer de positie van de voorflank naar voren schuift.
Deze breedtegemoduleerde puls wordt gebruikt voor het ontsteken van de triac. Hoe breder de puls, hoe eerder in de periode van de netspanning de triac ontstoken wordt en hoe meer vermogen er aan de verbruiker wordt aangeboden.

## Eenvoudige digitaal naar analoog omzetter

Acht bit brede digitaal naar analoog omzetters zijn uiteraard geïntegreerd te koop.
Hoewel deze schakelingen tegenwoordig niet duur zijn kan men voor deze toepassing, waar nauwkeurigheid van de omzetting geen grote rol speelt, de schakeling ook discreet opbouwen. Een voorbeeld van zo'n eenvoudige DAC is getekend in figuur 3/8.10.10-21.

De acht uitgangen van de uitgangsbuffer van de PIA worden aangeboden aan gebufferde CMOS-poorten van het type CD4050B.
Deze hebben een complementaire eindtrap, het gevolg is dat de uitgang zowel in de "L" als in de "H" toestand een constante impedantie van ongeveer 400 Ω heeft.
De acht uitgangen gaan naar een gewogen weerstandsnetwerk.
De weerstand R8 die naar het MSB gaat heeft een bepaalde waarde, in dit voorbeeld 30 kΩ. Eigenschap van een gewogen weerstandsnetwerk is dat alle

weerstanden tweevouden van elkaar zijn. De weerstand R7 die naar het op een na laatste bit gaat is dus 2 x 30 kΩ of 60 kΩ groot. De waarde van de weerstand R1 die gestuurd wordt uit het LSB moet precies 3,840 MΩ bedragen.

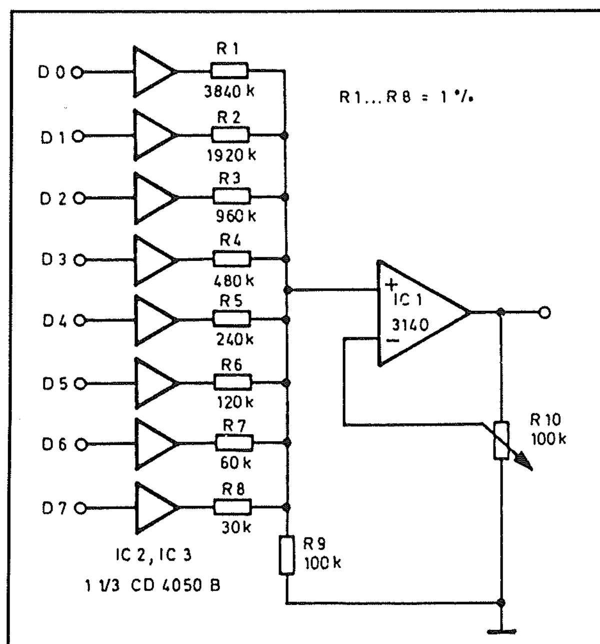
Als de uitgangen van de bufferpoorten "H" worden zullen deze hoge signalen stromen door de weerstanden sturen. Het zal duidelijk zijn dat als het MSB een stroom I levert het op een na hoogste bit een stroom van I/2 levert en het LSB en stroom van I/128.
Op deze manier wordt het gewicht van de binaire 8-bit code omgezet in een totaalstroom, waarbij de onderlinge gewichtsverhoudingen van de bits worden gerespecteerd.

Deze totaalstroom wordt door een eenvoudige stroom naar spanning omzetter rond IC1 omgezet in een analoge spanning waarvan de momentele waarde bepaald wordt door de samenstelling van de binaire code.
Met behulp van de potentiometer R10 kan men de maximale spanning op de uitgang instellen.

**Gesynchroniseerde zaagtandgenerator**
De met het net gesynchroniseerde zaagtand kan worden opgewekt door de schakeling van figuur 3/8.10.10-22.

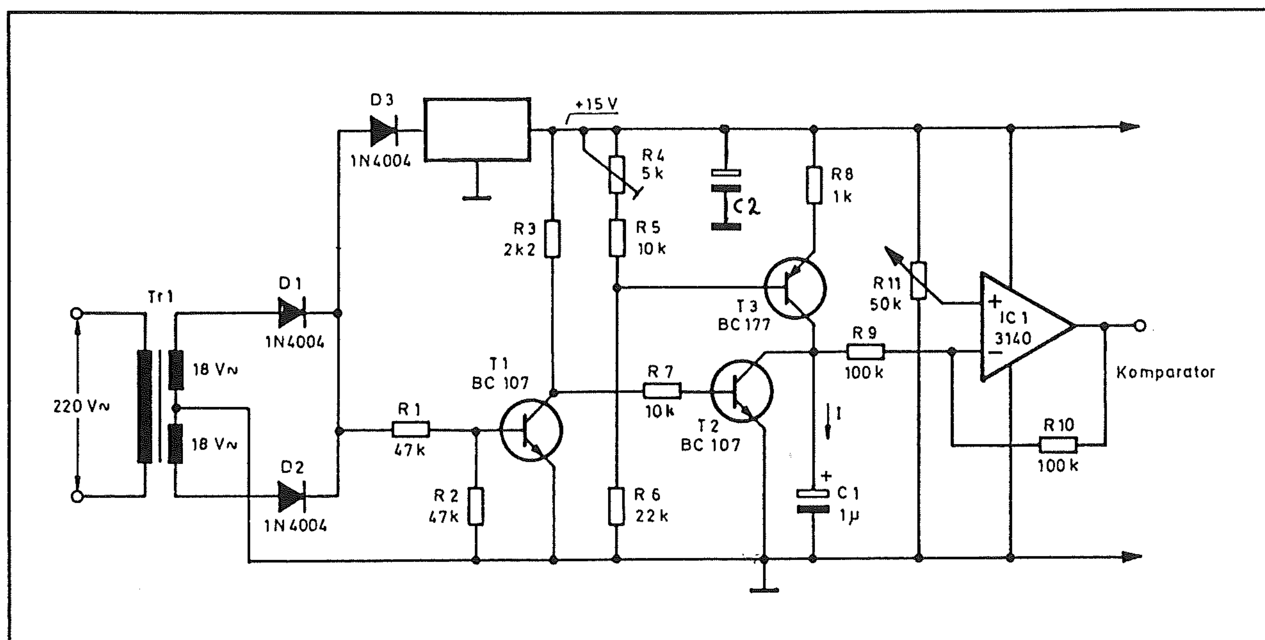
Hart van de schakeling is een constante stroombron rond transistor T3.
De constante stroom I laadt de condensator C1 op.
De spanning over dit onderdeel zal dus zaagtandvormig stijgen. De nuldoorgangen van de netspanning worden weer gedetecteerd met een eenvoudige schakeltrap rond transistor T1. De collectorspanning wordt hoog rond de nuldoorgangen. Deze positieve spanning stuurt via weerstand R7 transistor T2 is geleiding. Deze ontlaadt de condensator C1, zodat de netgesynchroniseerde zaagtand ontstaat.
De zaagtand start bij nul volt en stijgt tot een bepaalde maximale waarde op het eind van de halve periode. Deze zaagtand moet nu nog geïnverteerd worden omgelijk te worden aan het signaal $U_2$ van figuur 3/8.10.10-20.
Voor deze invertering wordt de operationele versterker IC1 ingeschakeld.

De schakeling heeft twee afregelelementen.
Met weerstand R4 kan de stroom en dus de maximale waarde van de zaagtand ingesteld worden.
Met weerstand R11 wordt de invertor zo ingesteld dat de geïnverteerde zaagtand op zijn minimale waarde precies samenvalt met de nul.




**Figuur 3/8.10.10-21:** Een discreet opgebouwde digitaal naar analoog omzetter.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.10-22:** Een schema van een generator die een netgesynchroniseerde zaagtand opwekt.

# Ontstoren van in- en uitgangen

## Ontstoren van de belastingen

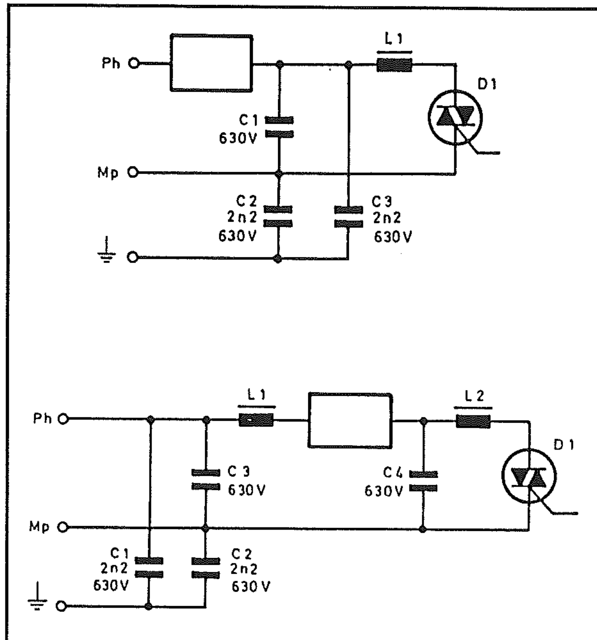
Zelfs als men met schakelingen werkt die gesynchroniseerd zijn op de nuldoorgang van de netspanning is het noodzakelijk ontstoorkringen tussen de belasting en de triac op te nemen.
Zolang men zuiver ohmse belastingen schakelt is er niets aan de hand. Spanning en stroom verlopen in fase en door de nulsynchronisatie zal de stroom op het inschakeltijdstip minimaal zijn. Bestuurt men echter capacitieve of inductieve belastingen zoals motoren, dan ontstaat er een faseverschuiving tussen spanning en stroom en kan het voorkomen dat de stroom niet minimaal is bij het in- en uitschakelmoment.

In figuur 3/8.10.10-23 zijn twee voorbeeldschakelingen getekend voor het ontstoren van thyristor- of triacgestuurde netbelastingen.

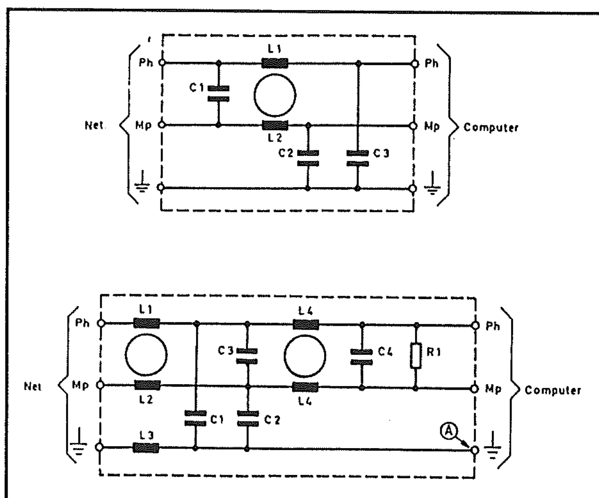
De bovenste schakeling werkt enkelvoudig.
Tussen de triac en de belasting is een LC-kring opgenomen, bestaande uit L1 en C1.

Dit filter vormt een laagdoorlaatfilter dat de harmonische hoogfrequente storingen onderdrukt. De condensatoren C2 en C3 zijn geschakeld tussen de aarde en de nul en tussen de aarde en de fase. Deze zorgen voor de symmetrische storingsonderdrukking van het systeem. De waarde van de onderdelen L1 en C1 is afhankelijk van het vermogen van de verbruiker. Voor vermogens tot 600 VA kan men bijvoorbeeld een Schaffner spoel van het type RI403PC en een condensator van 100 nF gebruiken. Verbruikers tot 3,5 kVA kunnen ontstoord worden met een spoel van het type RI415 en een condensator van 330 nF.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.10-23:**Het ontstoren van triacgestuurde netbelastingen.




**Figuur 3/8.10.10-24:**De interne schema's van ontstoormodules.

Om dergelijke incidenten te voorkomen moet men tussen het net en de voedingstrafo van de voeding LC-netwerken opnemen.

Deze worden tegenwoordig kant-en-klaar als ingegoten module verkocht. In figuur In de onderste figuur is een dubbele ontstoorkring getekend.
Deze is aan te bevelen als erg inductieve belastingen, zoals motoren worden gestuurd. Er zijn nu twee identieke LC-netwerken aangebracht, eentje tussen de triac en de verbruiker en eentje tussen de verbruiker en het net.

**Ontstoren van de processorvoeding**
Digitale TTL-schakelingen zijn zeer gevoelig voor smalle stoorpulsen op de voedingsspanning. Een crash van de processor is vaak het gevolg van een soms maar enkele tientallen ns breed stoorpulsje op de +5 V voeding.3/8.10.10-24 zijn twee schema's getekend van de inwendige schakelingen van dergelijke ontstoringsmodules.

Deze modules moeten zo dicht mogelijk bij de voedingstrafo worden gemonteerd. Een goede aarding van de voeding is noodzakelijk!

# 3/8.10.11

# Ideeën voor een home-bus systeem

**Inleiding**
Het begrip "home-bus" zal de consumenten-elektronica van de negentiger jaren in belangrijke mate gaan bepalen. In Japan zijn reeds door verschillende concerns home-bussen ontworpen en ook Philips heeft zich in de normenstrijd gemengd met een eigen systeem. Omdat echter, zoals dat heet, de consumentenmarkt er nu nog niet rijp voor is, blijven deze systemen voorlopig mooi in de laboratoria opgesloten.
Het ligt echter in de lijn der verwachtingen dat de giganten van de consumentenelektronica de markt op de hun toevertrouwde manier wel warm zullen weten te maken voor het begrip home-bus.

Tot het zover is belet niets of niemand uiteraard de zelf ontwerpende doe-het-zelver te experimenteren met dergelijke systemen.

In dit hoofdstuk worden daar wat losse ideeën voor aangedragen, met als hart de bespreking van een zeer speciaal IC dat als het ware geschapen is voor dergelijke toepassingen.

**Wat is een home-bus?**
Iedere elektronicus kent de betekenis van het woord "bus".
Een bus is een set leidingen, waarlangs gegevens en stuurpulsen van het ene naar het andere elektronische systeem worden verzonden.

Bekende bussen zijn de data- en adresbussen in iedere computer.

De betekenis van het woord "home-bus" zal dan ook wel oppervlakkig duidelijk zijn.
De bedoeling is dat er door het gehele huis een bus wordt aangelegd, dus een reeks leidingen, waarop men op iedere gewenste plaats een elektronisch apparaat kan aansluiten.
Deze apparaten kunnen met elkaar communiceren via deze bus. Bovendien is het mogelijk vanaf elke plaats commando's langs de bus te versturen waarmee een op de bus aangesloten apparaat bediend kan worden.

Op deze manier zou het bijvoorbeeld mogelijk moeten zijn vanuit de luie stoel in de woonkamer de tuinverlichting in te schakelen, de TV in de kinderkamer uit te schakelen, een video-recorder in de hobbyruimte een TV-programma te laten opnemen, de verwarming in de badkamer hoger te zetten en één uur voor het slapen gaan de ramen in de slaapkamers te openen.

Het zal duidelijk zijn dat de systemen die door de elektronica-concerns worden

ontworpen nogal ingewikkeld zijn en gebruik maken van processorbesturing.
Bovendien werken al deze systemen met de netspanning als bus.
Dat is uitermate handig omdat deze spanning overal in huis beschikbaar is en er dus geen extra bedrading moet worden aangebracht.
De informatie wordt in seriële vorm op de netspanning gemoduleerd en kan nadien weer gedemoduleerd worden.

Dergelijke systemen kunnen niet eens meer door één individu ontworpen worden, omdat er al te veel verschillende elektronica- en software-specialismen bij nodig zijn.

**Een eenvoudig systeem**

De gemiddelde hobbyist van dit moment zal aan al deze prachtige high-tech systemen geen boodschap hebben. De vraag kan zelfs gesteld worden of de meeste mogelijkheden van dergelijke systemen niet volstrekt overbodig zijn en in de praktijk ooit gebruikt zullen worden.

Toch zijn er voor een eenvoudig home-bus systeempje best wel leuke en nuttige toepassingen te verzinnen.
Enige voorbeeldjes die de verbeelding aan het werk kunnen zetten.

- In een heleboel huizen is tegenwoordig een of andere inbraakbeveiliging aanwezig.
  Zo'n eenvoudig home-bus systeem is uitstekend geschikt om er alle alarmmelders op aan te sluiten. Men kan dan in de slaapkamer een ontvanger op de home-bus aansluiten en omdat iedere zender een eigen specifieke code op de bus zet kan men met LED'jes onmiddellijk vaststellen welk alarm is geactiveerd.
- In de baby-kamer kan een zendertje op de bus worden aangesloten dat een code uitzendt als de baby gaat huilen. In een andere kamer, waar dan ook in huis, kan men een ontvangertje op de home-bus aansluiten dat is afgestemd op de code van de zender in de baby-kamer.
  Als men van de ene naar de nadere kamer gaat kan men de onvanger eenvoudigweg in de ene kamer van de bus loskoppelen en in de andere kamer deze weer op de bus aansluiten.
- Als men in de schuur aan het knutselen is kan men een ontvangertje op de home-bus aansluiten die de codes detecteert die worden uitgezonden door de zenders die op de telefoon en de huisbel zijn aangesloten. Op deze manier hoort men dat de telefoon overgaat of dat er iemand aan de voordeur staat.
- Een probleem bij vele huishoudens is dat de oudere kinderen te laat TV kijken op hun eigen kamer.
  Het is met de voorgestelde home-bus geen enkel probleem om de TV via een ontvangertje met het net te verbinden.
  Dat ontvangertje kan dan met een zendertje in de woonkamer op ieder gewenst tijdstip worden geactiveerd, waardoor de netspanning van de TV wordt afgesloten.
- Als de wasmachine in de kelder staat opgesteld kan men daar een waterdetector op de home-bus aansluiten. In de woonkamer of de slaapkamer kan dan een ontvangertje komen dat een alarm activeert als de zender in de kelder de code "wateroverlast" uitzendt.

Nuttige en leuke toepassingen in overvloed, die zonder enige twijfel nog door

iedereen met enige tientallen specifieke aan eigen omstandigheden aangepaste voorbeelden aangevuld kunnen worden!

### Het basis-idee van de doe-het-zelf home-bus

Het idee dat in dit hoofdstuk wordt aangedragen gaat uit van de volgende gegevens.

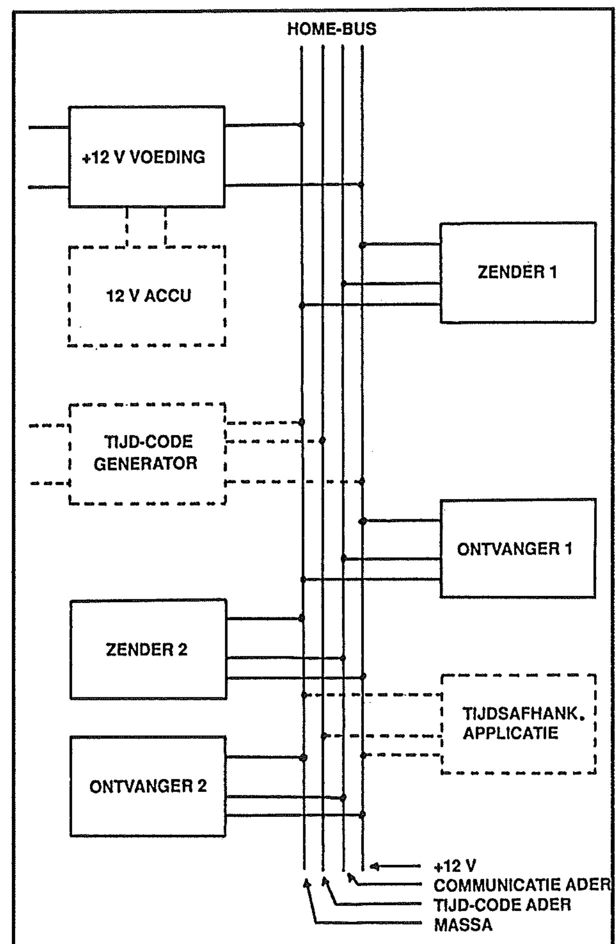
- De home-bus heeft een eigen bedrading door het huis, die niet alleen de communicatie tussen alle apparaten die op de bus zijn aangesloten verzorgt, maar bovendien alle schakelingen van voedingsspanning voorziet en tijd-code pulsen distribueert.
- Het systeem heeft geen centrale, in principe kunnen alle zenders en ontvangers op de meest praktische plaats op de home-bus worden aangesloten.
- Het basis-systeem bestaat uit slechts drie eenheden, namelijk een +12 V voeding, een zender en een ontvanger.
- Vanuit deze opzet kan het systeem op ieder moment worden uitgebreid met meerdere zenders en ontvangers, met een netonafhankelijke voeding, met de schakeling die de tijd-code pulsen genereert en met schakelingen die tijdafhankelijke toepassingen in- en uitschakelen.
- Het systeem is modulair opgezet, dat wil zeggen dat zoveel mogelijk van identieke schakelingen wordt uitgegaan die tot de gewenste specifieke toepassing gecombineerd kunnen worden.

### Het basis-systeem

Zoals gezegd bestaat het basis-systeem uit vier eenheden, namelijk:

- de home-bus zélf;
- de voeding;
- de zender;
- de ontvanger.

Dit basis-systeem is schematisch getekend in figuur 3/8.10.11-1.
De gestippeld ingetekende blokjes zijn uitbreidingen die in een later stadium op het systeem kunnen worden aangesloten.




Figuur 3/8.10.11-1: Blokschematische voorstelling van het systeem.

### De home-bus

De home-bus bestaat uit slechts vier aders.

- Een ader voor de +12 V voedingsspanning waaruit alle schakelingen gevoed kunnen worden.
- Een ader als gemeenschappelijke massa.

- Een seriële communicatie-ader waarover alle zenders met alle ontvangers kunnen communiceren.
- Een tijd-code ader waarop om de tien minuten een puls verschijnt en waarop één keer per dag (om 24h00) een synchronisatie-puls wordt gezet.

Aan deze bedrading worden geen speciale eisen gesteld. Het is dus niet nodig dure afgeschermde kabels te gebruiken.

Probleem is hoe men deze vieraderige bus zo goedkoop en zo netjes mogelijk overal in huis kan aanbrengen. Bij het bedenken van het systeem zijn drie praktische oplossingen ontstaan.

- Gebruik van vieraderige standaard PTT-kabel, die door het gehele huis wordt aangelegd. Deze kabel is goedkoop, maar heeft als nadeel dat deze zich niet netjes laat aanbrengen en dat er problemen ontstaan als men in een later stadium ergens een aftakking op het systeem moet maken voor het aansluiten van een extra zender of ontvanger.
- Gebruik van zelfklevende platte bandkabel.
  Dit idee heeft als voordeel dat het netjes en snel langs de plinten is aan te brengen, maar nadeel is uiteraard weer de problemen die ontstaan als men later een aftakking moet maken.
- Gebruik maken van het uit de installatietechniek bekende K-25 systeem. Dat systeem, tegenwoordig in iedere doe-het-zelf supermarkt te koop, bestaat uit zelfklevende kunststof kokertjes met een verwijderbaar dekseltje. Deze kokers kunnen netjes en snel langs de plinten worden aangebracht. Bovendien zijn er tal van koppelstukken te koop, zoals inwendige en uitwendige hoeken van 90°, T- en L-stukken en X-koppelingen.
  In de koker is plaats voor platte bandkabel. Als later ergens een aftakking gemaakt moet worden kan dat tamelijk eenvoudig en zeer netjes gebeuren door de bandkabel ter plekke door te snijden, een klein printje in de koker te lijmen, de onderbroken bandkabel en de kabel voor de aftakking op dit printje vast te solderen en via een gaatje in de koker de kabel op de zender of de ontvanger aan te sluiten.
  Deze typische doe-het-zelf oplossing is schematisch voorgesteld in figuur 3/8.10.11-2.

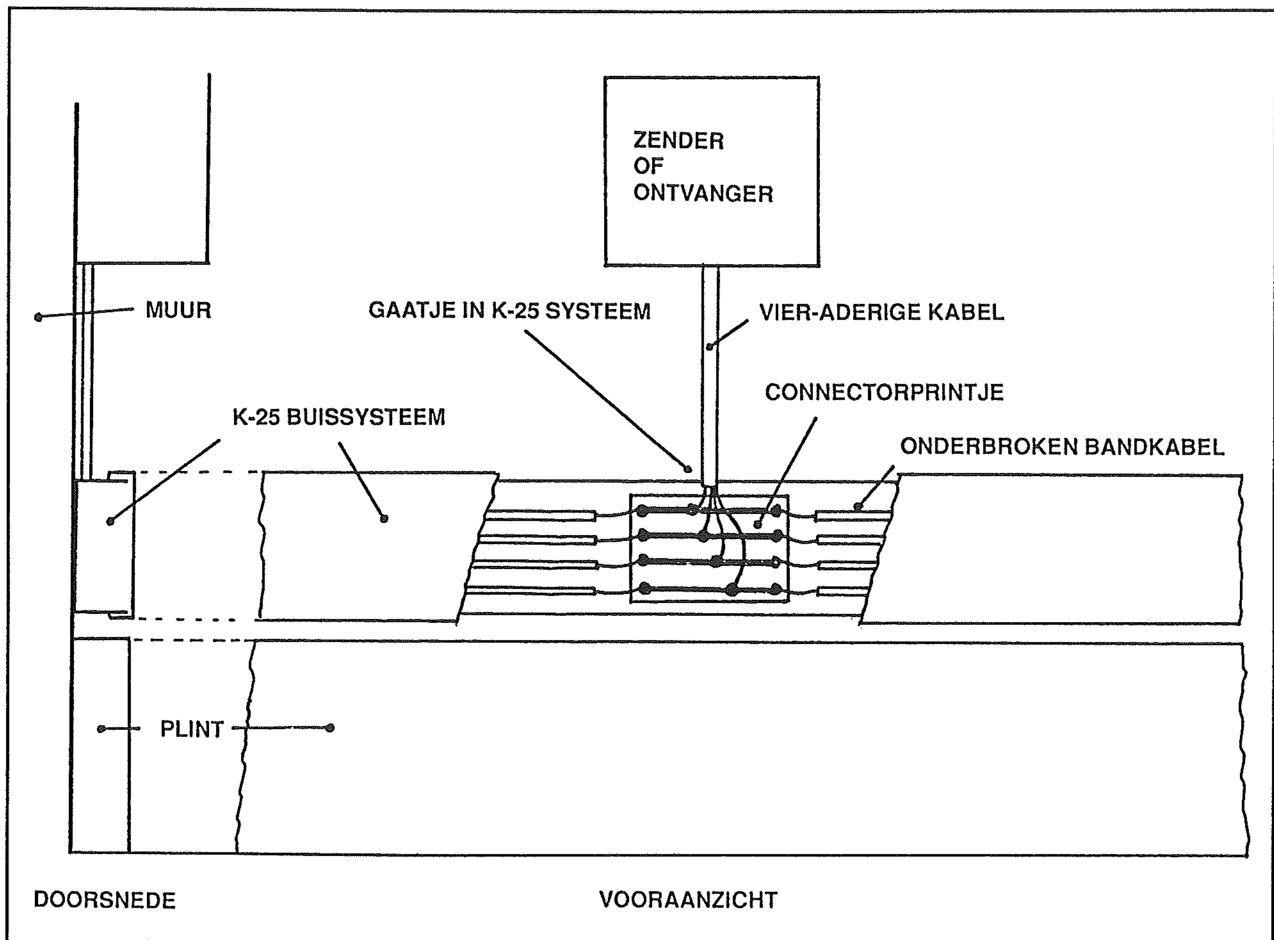
**De voeding**
In eerste instantie zou een heel eenvoudige gestabiliseerde voeding van +12 V volstaan. Deze kan op de meest praktische plaats, bijvoorbeeld in de kelder of in de meterkast, op de home-bus worden aangesloten.

Te overwegen is deze schakeling zo te ontwerpen dat deze in een later stadium gebruikt kan worden als automatische lader voor de 12 V stand-by accu die noodzakelijk is als men netonafhankelijke apparaten (inbraakbeveiliging!) in het home-bus systeem wil opnemen.

**De zenders en de ontvangers**
Alvorens men deze schakelingen kan bespreken is het noodzakelijk eerst de nodige informatie te geven over de IC's die in dit voorgestelde home-bus systeem gebruikt zouden kunnen worden.

**De PEDxx**
PED is de afkorting van "Programmable Encoder and Decoder", letterlijk vertaald programmeerbare coder en decoder.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.11-2:** Een voorstel voor het netjes aanbrengen van de home-bus in het K-25 kokersysteem.

Door de duitse firma Heiland Electronic worden enige PED-IC's aangeboden.
In het kort komt het er op neer dat deze IC's een aantal data-ingangen hebben. Op deze ingangen wordt door middel van DIL-schakelaars een bepaalde code ingesteld. Gebruikt men het IC als zender, dan zal de schakeling de geprogrammeerde code onder seriële vorm op zijn uitgang zetten. Wordt het IC als ontvanger gebruikt, dan zal de schakeling een uitgangspuls opwekken als de code die op de ingang wordt ontvangen gelijk is aan de code die men met behulp van de schakelaars heeft ingesteld.

Het hoeft geen nadere uitleg dat deze IC's dus volledig in het concept van de home-bus passen!

Er zijn twee voor deze toepassing geschikte IC's verkrijgbaar.

- PED15
  De PED15 heeft een woordlengte van 15 bit, zodat in totaal niet minder dan 32.768 verschillende codes kunnen worden ingesteld! Dit IC is ondergebracht in een 28-pens DIL-behuizing en kost slechts ongeveer DM 6,50.
  De aansluitgegevens zijn getekend in figuur 3/8.10.11-3.

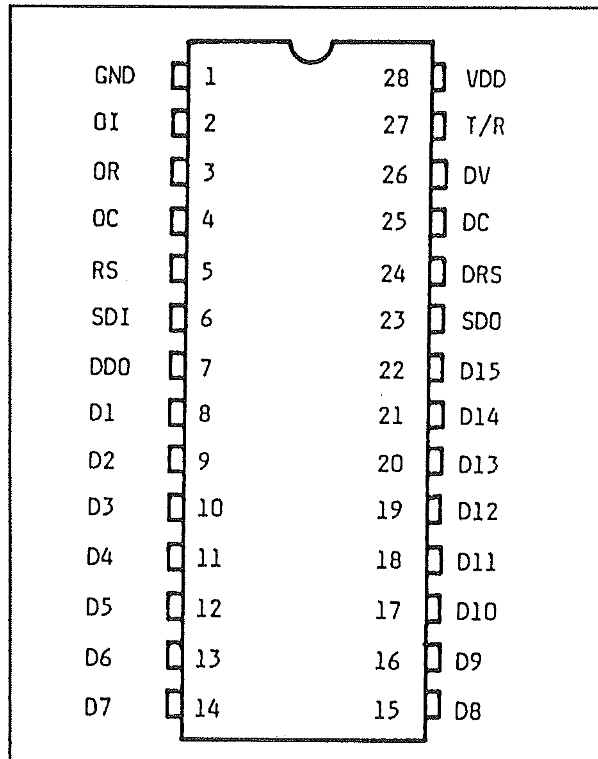
- PED9
  Een schakeltechnisch volledig identiek IC, dat echter "slechts" over een woordlengte van 9 bit beschikt. Er kunnen dan 512 verschillende codes worden gegenereerd. Dit IC is ondergebracht in een DIL-18 behuizing en kost ongeveer DM 5,45.

  De aansluitingen zijn getekend in figuur 3/8.10.11-4.

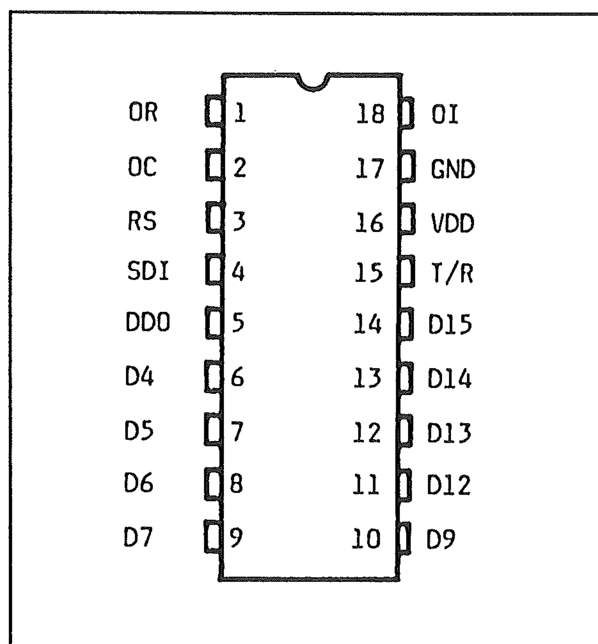
**Beschrijving van de pennen**

- GND, MASSA
  De massa van de schakeling.
- OI, Oscillator
  De gemeenschappelijke aansluiting van het RC-netwerk dat de interne oscillator stuurt. Deze oscillator kan in principe oscilleren op iedere frequentie tot 25 kHz.
- OR, $R_{oscillator}$
  Aansluiting van de weerstand R die de frequentie van de interne oscillator bepaalt. Standaardwaarde voor deze weerstand is 68 kΩ.
- OC, $C_{oscillator}$
  Aansluiting voor de condensator die de frequentie van de interne oscillator bepaalt. Standaardwaarde voor dit onderdeel is 1 nF.
- RS, RESET
  Een positieve puls op deze ingang onderbreekt of verhindert het uitzenden respectievelijk ontvangen van een code.
- S/DI, START/DATA INPUT
  Deze pen heeft twee functies. Bij het zenden moet deze pen naar de voeding getrokken worden om een codewoord uit te zenden.
  Bij het ontvangen is deze pen de ingang waarop de seriële gegevens aangelegd moeten worden.
- D/DO, DATA/DECODE OUTPUT
  Ook deze pen heeft en dubbele functie. Bij het zenden verschijnt de seriële code op deze pen, bij het ontvangen gaat deze pen naar "H" als de ontvangen code overeen stemt met de ingestelde code.
  De pen blijft dan "H" tot er een nieuwe code wordt ontvangen.
  Deze nieuwe code moet echter niet dezelfde samenstelling hebben als de ingestelde code!
  Deze uitgang gaat dus weer naar "L" bij het ontvangen van gelijk welke code. Deze pen is in staat maximaal 1 mA te leveren aan een externe schakeling.
- Dxx, DATA INPUTS
  Ingangen waarop de serieel uit te zenden respectievelijk te ontvangen code onder parallelle vorm wordt ingesteld. De D-ingangen hebben pull-down weerstanden naar de massa, zodat het volstaat deze ingangen met enkelvoudige schakelaars met de voeding te verbinden om een bit "H" te maken.
- SDO, SERIAL DATA OUT
  Komt overeen met de S/DI-pen, maar dan met ingebouwde Schmitt-trigger werking.
- DRS, DATA RESET OUTPUT
  Uitgangssignaal voor extern schuifregister, geeft aan dat een nieuw woord ontvangen wordt en kan gebruikt worden om dat seriële woord in te lezen in een schuifregister zodat de gegevens onder parallelle vorm ter beschikking staan.
- DC, DATA CLOCK
  Uitgangssignaal voor het synchroniseren van een extern schuifregister, wekt een puls op bij ieder nieuw ontvangen bit uit de seriële code. Kan gebruikt worden om de seriële gegevens in een schuifregister te clocken.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.11-3:** De aansluitgegevens van de PED18.




**Figuur 3/8.10.11-4:** De aansluitgegevens van de PED9.

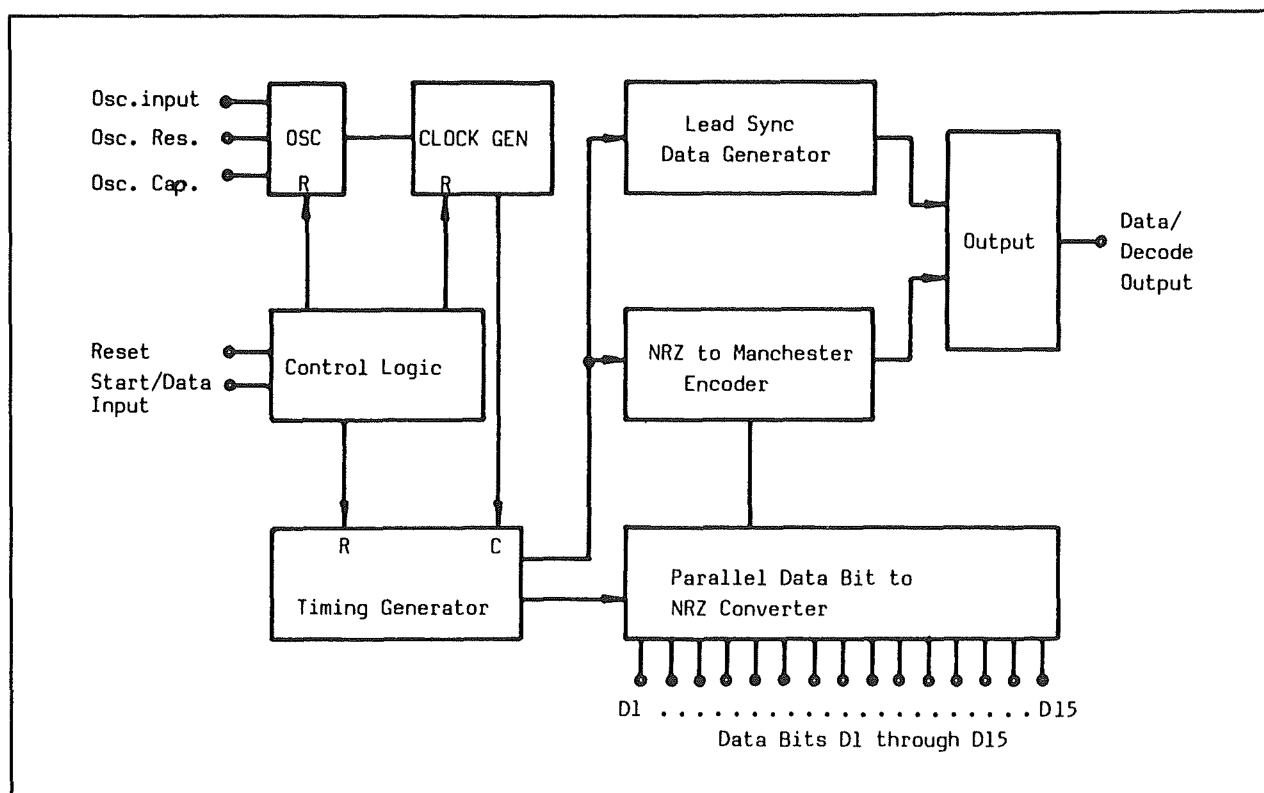
- DV, DATA VALID
  Deze uitgang wordt "L" als een woord ontvangen wordt. Dat geldt voor ieder woord dat voldoet aan het protocol, ook dus voor woorden die wat codesamenstelling niet voldoen aan de op de D-ingangen ingestelde code.
- T/R, TRANSMIT/RECEIVE
  Bepaalt of het IC in de zend- dan wel de ontvangst-modus staat geschakeld. Moet "H" worden voor zenden en "L" voor ontvangen.
- VDD, POSITIEVE VOEDING
  De schakeling wordt gevoed uit een positieve spanning van maximaal 6,5 V. Aanbevolen wordt een voedingsspanning van 5 V te gebruiken.
  Deze pen bevat een interne zenerdiode van 6,5 V naar de massa.
  Voeden uit hogere spanningen zonder voorschakelweerstand is dus absoluut verboden!
  Het stroomverbruik van het IC bedraagt ongeveer 10 µA in rust.

**Blokschema en werking als zender**

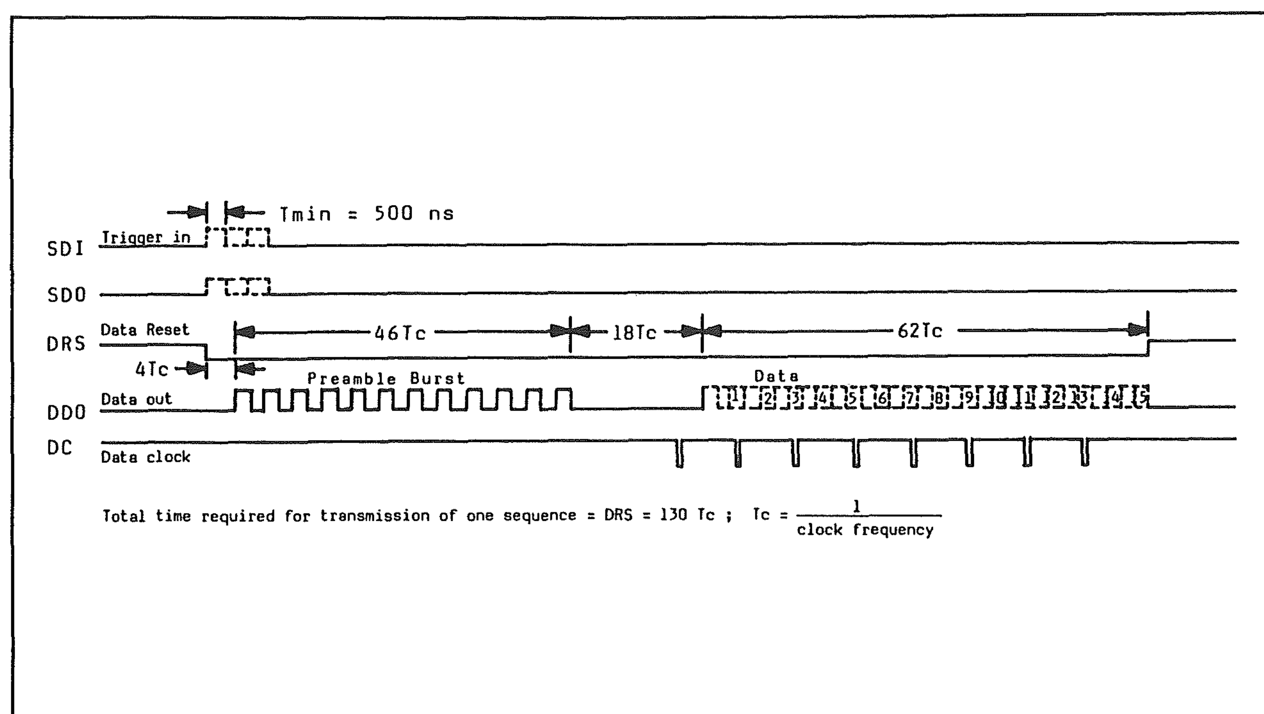
In figuur 3/8.10.11-5 is het blokschema van het IC getekend als dit in de zendmodus staat geschakeld.

Het IC komt in de zend-modus door de T/R-pen met de voeding te verbinden. De interne schakelingen worden dan als encoder geschakeld.
De schakeling tast de 15 of 9 data-ingangen af en zet de code die daarop staat om in serieel formaat.
Nadien wordt deze code gecombineerd met het klok-signaal in Manchesterformaat (fasecodering met ingebedde klok). De code wordt nadien via de D/DO-pen verzonden.
Dat gebeurt op het moment dat de S/DI-pen geactiveerd wordt.

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper

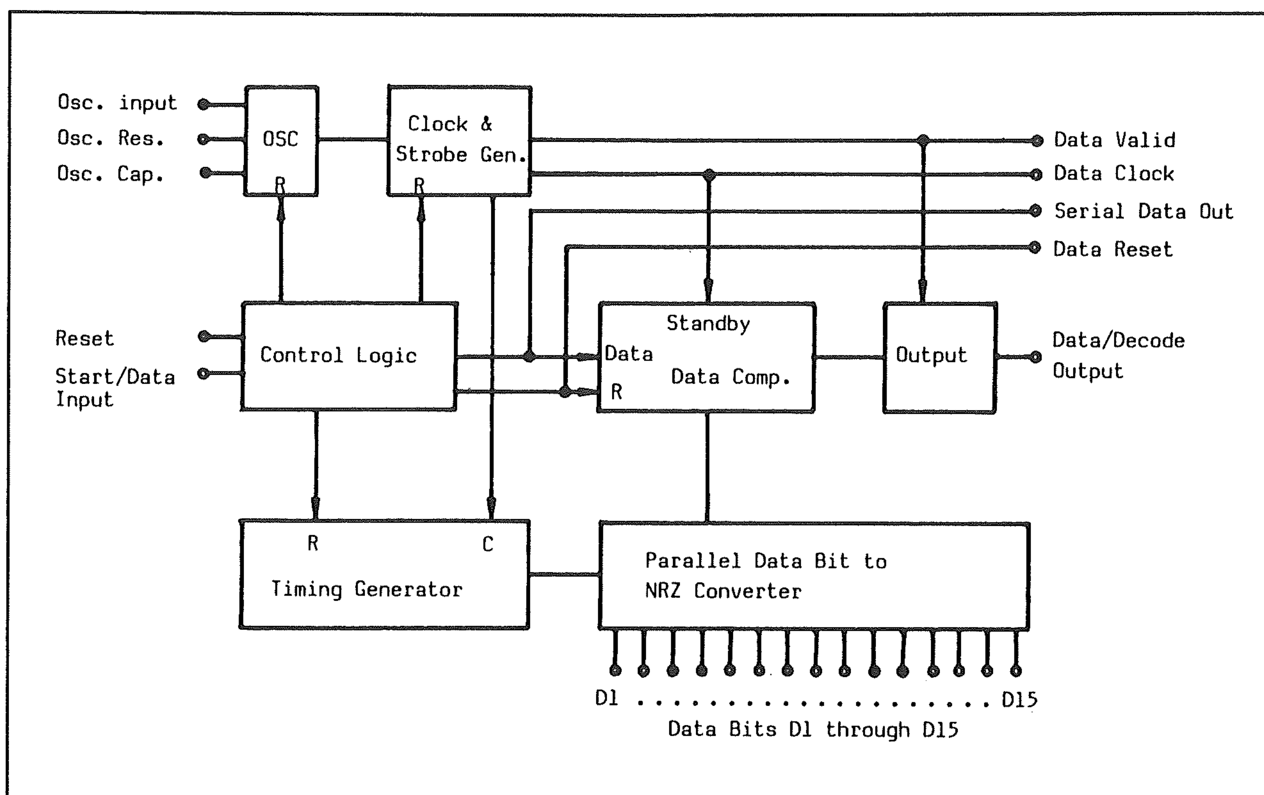



**Figuur 3/8.10.11-5:** Het blokschema van het IC als zender geschakeld.




**Figuur 3/8.10.11-6:** Het uitgangssignaal en de timing van de overige signalen als het IC als zender wordt gebruikt.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.11-7:** Het blokschema van een PEDxx-IC, geschakeld als ontvanger.

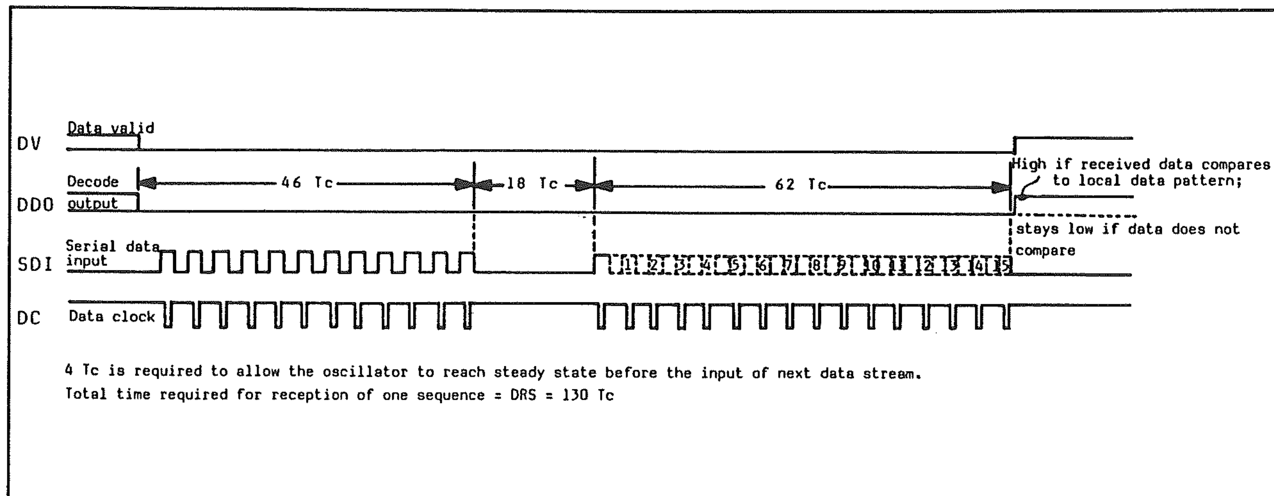
Het gecodeerde data-woord, voorgesteld in figuur 3/8.10.11-6, bestaat uit twee delen. Het eerste deel, de zogenaamde "Preamble Burst", bestaat uit 12 "H"-pulsen met nadien een gedefinieerde pauze. Deze preamble wordt in de ontvanger gebruikt voor het synchroniseren van de Phase Locked Loop van de decoder met de klok van de zender. Na de gedefinieerde pauze volgt de seriële data, waarbij het D1-bit het eerste wordt verstuurd en het D9/D15-bit het laatst.

**Blokschema en werking als ontvanger**
Het blokschema van het IC als ontvanger geschakeld is weergegeven in figuur 3/8.10.11-7.

De ontvangst-modus wordt geactiveerd door de pen T/R met de massa te verbinden. De seriële code van de zender wordt verwacht in Manchester-formaat. Hieruit wordt in eerste instantie de clock van de zender herwonnen. Na controle van de geldigheid van het formaat wordt de seriële data omgezet in een 15 of 9 bit breed parallel woord.
Dit woord wordt vergeleken met het woord dat is gecodeerd op de D-ingangen. Zijn beide woorden identiek, dan wordt de D/DO-uitgang "H". Deze pen blijft "H" totdat een nieuw woord wordt ontvangen. Hierbij speelt de codesamenstelling geen rol.
De DV-uitgang gaat naar "H" nadat een woord is ontvangen dat voldoet aan het Manchester-formaat, ook al stemt de code niet overeen met de op de D-ingangen ingestelde code.

In figuur 3/8.10.11-8 is de timing van het IC bij ontvangst getekend.

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper




**Figuur 3/8.10.11-8:** De timing van de PEDxx bij het ontvangen van een codewoord.

### Elektrische karakteristieken van de IC's

In de tabellen van de figuren 3/8.10.11-9 en -10 zijn de statische en dynamische karakteristieken van de PEDxx-IC's samengevat.

| SYMBOL | PARAMETER | MIN | TYP (NOTE 1) | MAX | UNIT | CONDITION |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{IH}$ | Input High Voltage | $V_{DD}$ -0.3 | | $V_{DD}$ +0.3 | V | "1" INPUT |
| $V_{IL}$ | Input Low Voltage | -0.3 | | 0.3 | V | "0" INPUT |
| $I_{LKC}$ | Input Leakage Current | | 0.1 | 2.0 | µA | $V_{IN}$ = 5.0V for pins T/R, SDI |
| $I_{LC}$ | Input Load Current | 2.0 | 6.0 | 20.0 | µA | $V_{IN}$ = 5.0V for RS, D1-D15 |
| $V_{OH}$ | Output High Voltage | $V_{DD}$ -0.3 | | | V | $V_{DD}$ = 4.75V ; $I_{LOAD}$ = -100µA |
| $V_{OL}$ | Output Low Voltage | | | 0.3 | V | $V_{DD}$ = 4.75V ; $I_{LOAD}$ = 100µA |
| $I_{OH}$ | Output High Current (Sourcing) | -1.0 | -1.5 | | mA | $V_{OH}$ = $V_{DD}$ -1.0V |
| $I_{OL}$ | Output Low Current (Sinking) | 1.0 | 3.0 | | mA | $V_{OL}$ = 1.0V |
| $V_Z$ | Zener Voltage | 5.5 | 6.4 | 7.0 | V | $I_Z$ = 10µA (NOTE 2) |
| | | 6.0 | 6.7 | 7.5 | V | $I_Z$ = 10mA (NOTE 2) |
| $C_{IN}$ | Input Capacitance | | | 10 | pF | (NOTE 2) |
| $C_{OUT}$ | Output Capacitance | | | 10 | pF | (NOTE 2) |
| $I_{DD}$ | Drain Current | | | 10 | µA | $V_{DD}$ = 5.0V ; all inputs = GND |

**Figuur 3/8.10.11-9:** De statische of gelijkspanningskarakteristieken van de PEDxx-IC's, gemeten bij een voedingsspanning van +5 V.

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper

| SYMBOL | PARAMETER | MIN | TYP (NOTE 1) | MAX | UNIT | CONDITION |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $f_c$ | Clock Frequency | 0 | | 25 | KHz | R = 150K ; C = 100pF; Clock Period ($t_c$) = $1/f_c$ |
| $t_{SDI}$ | Start Pulse Width | 500 | | | ns | |
| $t_{DDO}$ | DDO Delay from SDI | | 5 | | µs | |
| $t_{DC}$ | Data Clock Pulse Width | | $0.5t_c$ | | sec | |
| $t_{WORD}$ | Full Cycle Word Length | | $130t_c$ | | sec | |
| $R_R$ | Receiver Oscillator Resistor Tolerance from Transmitter Osciliator Resistor | | ±10 | | % | |
| $C_R$ | Receiver Oscillator Capacitor Tolerance from Transmitter Oscillator Capacitor | | ±10 | | % | |

**Figuur 3/8.10.11-10:** De dynamische of schakeltechnische karakteristieken van de PEDxx-IC's.

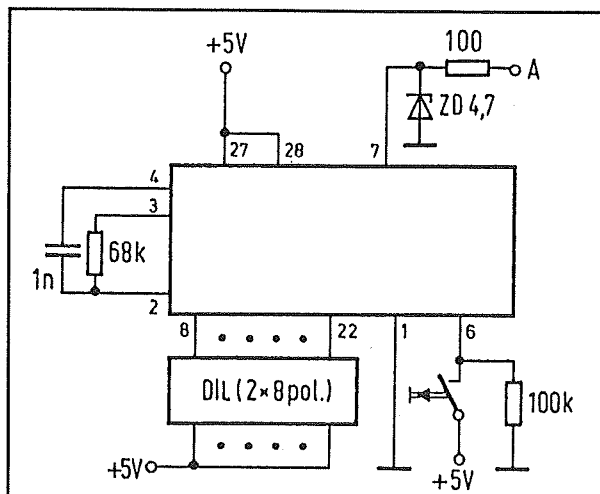
**Eenvoudige zenderschakelingen**
Na deze nogal zware theorie, onontbeerlijk als men de werking van de schakeling wil doorgronden, nu weer de praktijk!
In figuur 3/8.10.11-11 is het wel zeer eenvoudige praktische schema van een zender getekend.

De uitgang wordt via een begrenzernetwerkje op de seriële lijn van de home-bus aangesloten.
De serieweerstand van 100 Ω en de zenerdiode van 4,7 V beschermen de uitgang tegen hoge spanningen die per ongeluk op de lijn van de home-bus terecht kunnen komen.
De zender wordt geactiveerd door het "H" maken van pen 6.
De schakeling zal dan één woord uitzenden.

Uiteraard moet dat "H" worden van pen 6 door een externe schakeling worden gestuurd. Geoefende doe-het-zelvers zullen echter geen moeite hebben om allerlei schakelingetjes te ontwerpen die dat kunnen. Bij een babyfoon volstaat het het signaal van de microfoon flink te versterken en dit versterkte signaal gelijk te richten met een kleine tijdconstante. Gaat het kind krijsen, dan laadt de condensator van de gelijkrichter op en op een bepaald moment zal de spanning op pen 6 de triggerdrempel van de schakeling overschrijden. De zender wordt geactiveerd.

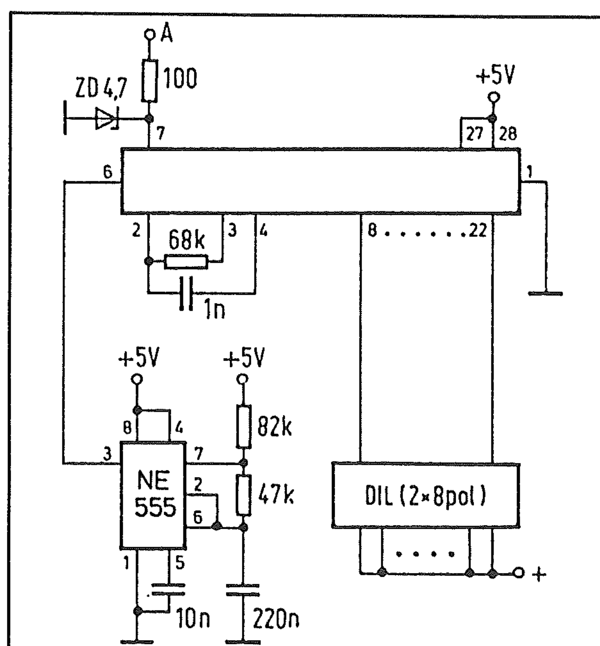
Wil men dat een zender continu een woord uitzendt, dan volstaat het pen 6 rechtstreeks te verbinden met pen 24.
De herhalingsfrequentie van het woord bedraagt dan 50 Hz.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.11-11:** Het basisschema van een zender.

In figuur 3/8.10.11-12 is een zenderschakeling gegeven, die om de zoveel seconden een woord uitzendt. Pen 6 wordt nu gestuurd uit het uitgangssignaal van een astabiele multivibrator, opgebouwd rond een 555 timer.




**Figuur 3/8.10.11-12:** Een zenderschakeling die om de zoveel seconden een woord uitzendt.

Een dergelijke schakeling kan bijvoorbeeld gebruikt worden voor het instellen van een algemene systeem-reset. Zoals gezegd blijft de uitgang van een ontvanger "H" totdat een nieuw woord wordt ontvangen. Dat kan bij bepaalde toepassingen erg vervelend zijn. Men zou dan de schakeling van figuur 3/8.10.11-12 kunnen instellen op een code-woord dat nergens in het systeem wordt toegepast. Door nu de periode van de astabiele multivibrator in te stellen op tien seconde zullen alle ontvangers in ieder geval om de tien seconde gereset worden.

Het zal duidelijk zijn dat verhinderd moet worden dat twee zenders van het systeem op hetzelfde moment een woord gaan uitzenden. Dank zij de RESET-ingang van het IC is dat eenvoudig mogelijk. Er valt een eenvoudige schakeling te verzinnen die de seriële lijn van de home-bus bewaakt en detecteert wanneer er een signaal op staat. Zolang de lijn niet vrij is zal deze schakeling de eigen zender deactiveren. Enige ms nadat de lijn weer vrij is kan de zender weer geactiveerd worden en zijn eigen code op de lijn zetten.

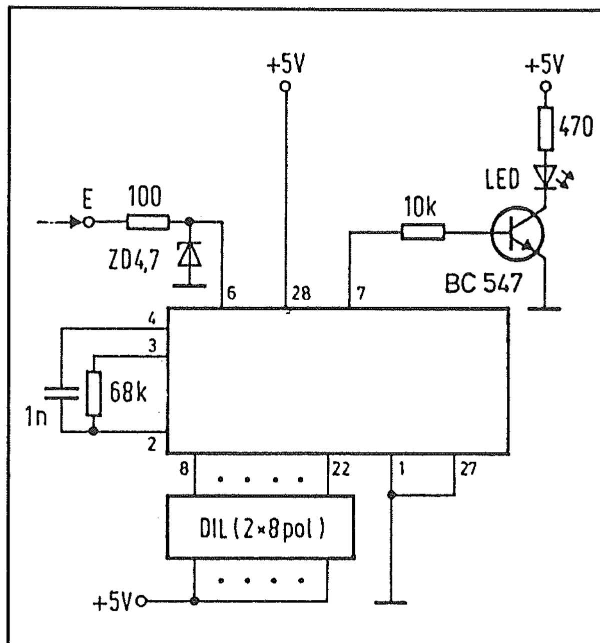
Een typische zenderschakeling zou dus uit slechts drie IC's en een handjevol passieve onderdelen kunnen bestaan.

**Eenvoudige ontvangerschakelingen**

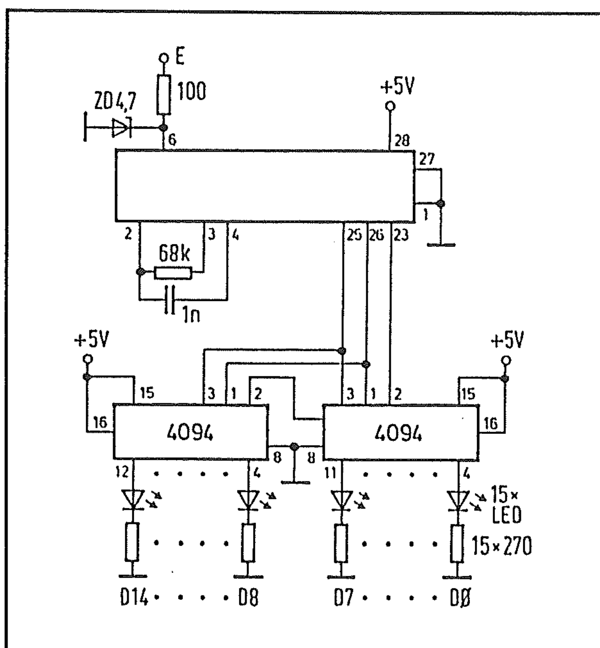
Het basisschema van een ontvanger rond een PEDxx-IC is getekend in figuur 3/8.10.11-13.

De seriële ader van de home-bus wordt via eenzelfde begrenzend netwerkje aangesloten op pen 6 van het IC. De uitgang stuurt in dit geval een LED, maar in de meeste gevallen zal men deze trap natuurlijk door iets zinnigers willen vervangen.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.11-13:** Het basisschema van een PEDxx-IC gebruikt als ontvanger.




**Figuur 3/8.10.11-14:** Het omzetten van de seriële code in een parallelle code die beschikbaar is op de uitgangen van een schuifregister.

Ook nu geldt dat dit voor een beetje geoefende doe-het-zelver geen probleem mag zijn!
Zo zou men de transistor kunnen vervangen door een laagvermogende thyristor. Dit onderdeel wordt in geleiding gestuurd door de uitgangspuls van het IC en stuurt een acoustisch alarm. Omdat een eenmaal geleidende thyristor blijft geleiden zal het alarm alleen uitgeschakeld kunnen worden door het met behulp van een drukknop overbruggen van de thyristor.

In figuur 3/8.10.11-14 is een schema getekend, waarmee men de ontvangen seriële code kan omzetten in een parallelle code die in een schuifregister wordt opgeslagen.

Op deze manier kan men met één zenderschakeling 15 verschillende apparaten aan en uit sturen.

### Eenvoudige uitbreidingen

Vanwege de lage prijs van de IC's bestaat er geen bezwaar om in één ontvanger verschillende IC's, ieder ingesteld op een eigen code, parallel te schakelen. Op deze manier is het mogelijk een universele alarm-ontvanger te maken, die op verschillende manieren (LED's, zoemer, sirene) reageert op verschillende "alarmniveaus".
Al even goedkoop en eenvoudig kan een applicatie worden omgevormd tot gecombineerde zender/ontvanger. Op deze manier is het bijvoorbeeld mogelijk alle zenders van een inbraakalarm door middel van één extra zender in en uit te schakelen.
Er kunnen dus groepencodes gedefinieerd worden, waarop ieder gewenst aantal zenders en ontvangers kan reageren.

8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper

**Het tijd-code systeem**
Bij het ontwerpen van een home-bus moet men in ieder geval de mogelijkheid inbouwen dat bepaalde apparaten op bepaalde tijdstippen in en uit geschakeld kunnen worden. Te denken valt daarbij aan TV's, video's, verlichting maar ook inbraakalarmschakelingen.

Bij bestudering van deze toepassingen blijkt dat een schakelnauwkeurigheid van tien minuten meer dan voldoende is. Een bepaald apparaat, bijvoorbeeld een verlichting, zou dan ingeschakeld kunnen worden om 20h00, 20h10, 20h30, etc.
In totaal zijn er dan slechts 24 x 6 = 144 verschillende schakeltijden per dag noodzakelijk. Dit heeft als voordeel dat deze schakeltijden door een uiterst goedkoop en eenvoudig IC gedecodeerd kunnen worden: een 8-bit brede teller kan met zijn 256 verschillende code-combinaties zonder enig probleem deze 144 schakeltijden decoderen.

De opzet van het tijd-code systeem van de voorgestelde home-bus is geschetst in figuur 3/8.10.11-15.

Een code-generator leidt uit de 50 Hz van de netspanning door middel van recht-toe-recht-aan frequentiedeling een puls af met een herhalingsperiode van tien minuten. Deze smalle puls wordt op de tijdcode ader van de home-bus gezet. Daarnaast wekt deze code-generator om precies middernacht een veel bredere puls op. Deze puls kan afgeleid worden uit een goedkoop klok-IC. Deze brede synchronisatie-puls wordt via dezelfde lijn van de home-bus verstuurd.

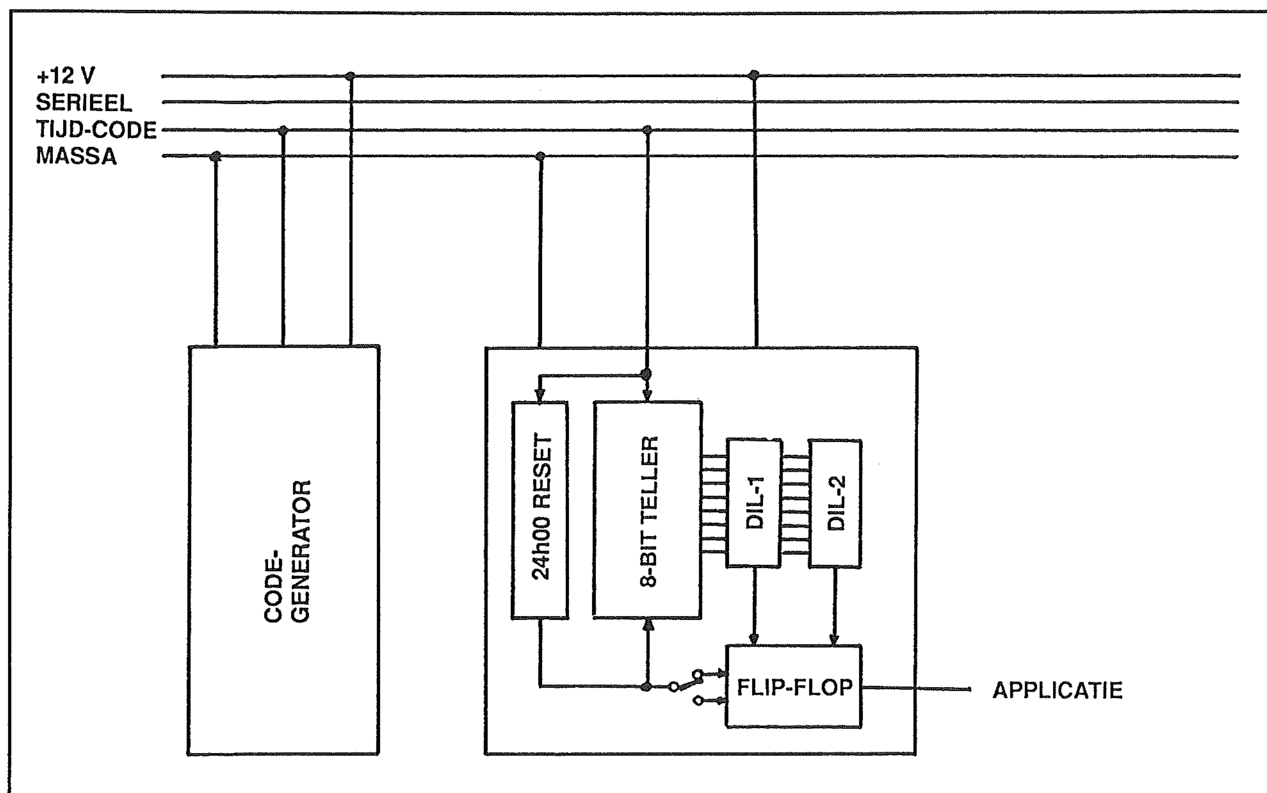
In de ontvangers worden de tien minuten pulsen geteld door een storingsongevoelige 8-bit brede CMOS-teller. De 144 codes op de uitgangen van deze teller worden gedecodeerd door 2 x 8 DIL-schakelaars DIL-1 en DIL-2. De ene schakelaarbank stuurt de SET van een flip-flop, de tweede de RESET. De uitgang van de flipflop stuurt de gewenste applicatie, bijvoorbeeld een lichtpunt. Dat kan via een relais, maar natuurlijk ook zuiver elektronisch via een optische koppelaar met fotogevoelige triac. Met behulp van de twee schakelaar-banken kan men een in- en een uitschakeltijd voor de applicatie instellen.

De brede sync-puls om middernacht kan met eenvoudige middelen (een integrator, denk aan de sync-scheider in een TV) gedetecteerd worden en gebruikt voor het resetten van de teller en voor het zetten van de flip-flop in de stand die voor deze applicatie van toepassing is om middernacht.

Op deze manier is men er zeker van dat storingen in het systeem, bijvoorbeeld veroorzaakt door stoorpulsen die een of meerdere tellers op hol laten slaan, ten hoogste 24 uur het gehele systeem van slag kunnen brengen.

**Tot besluit**
Het zal duidelijk zijn dat in dit hoofdstuk alleen een ruwe schets is gegeven van hoe zo'n eigen home-bus systeem er zou kunnen uitzien. Uiteraard kan het systeem nog geperfectioneerd worden. Zo is het zeer wel mogelijk het uitgangssignaal van een zender via infrarode LED's de ruimte in te zenden. Er zou dan in iedere kamer slechts één centrale ontvanger aanwezig moeten zijn die de infrarode straling oppikt en er de zendercodes uit afleidt. Deze ontvanger zou de codes dan op de seriële ader van de home-bus kunnen zetten.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.11-15:** De basis-opzet van het voorgestelde tijd-code systeem.

Een zeer grote uitdaging is ook het home-bus systeem te koppelen aan de bestaande afstandsbedieningen van audio- en video-apparatuur.
Er zouden dan code-omzetters ontwikkeld moeten worden, die de seriële code van de PED-IC's omzetten in bijvoorbeeld de IR-5 code van het Philips systeem.
In ieder geval biedt dit hoofdstuk, zo hopen wij, voldoende experimenteerstof voor iedere doe-het-zelf elektronicus die van een uitdaging houdt!

**Nadere gegevens**
Voor zover bekend worden de PED-IC's niet in Nederland of België aangeboden. De Duitse leverancier is echter bereid naar het buitenland te leveren.

De IC's zijn verkrijgbaar bij HE, Heiland Electronic, Hermann Loens Straße 11, D-4410 Warendorf 03, telefoon 025822 - 7550, fax 02582 - 7887.

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper

# 3/8.10.12

# Praktijk tips voor de hobby-ontwerper

## Inleiding

**Kennis of ervaring?**
Volgens de enquêtes die regelmatig door de uitgever van dit naslagwerk worden uitgevoerd, hebben de meeste lezers van "Hobby Elektronica" een meer dan gemiddelde belangstelling voor de elektronica, maar niet per sé een elektronische vakopleiding.
De meeste lezers houden zich bovendien niet alleen bezig met het nabouwen van schakelingen, maar proberen regelmatig zélf kleine schakelingen te ontwerpen. Wie beweert dat voor het ontwerpen van kleine elektronische schakelingen alleen maar ervaring nodig is, heeft het mis. Opleiding en theoretische kennis spelen ook een belangrijke rol!
Waarom de ene hobby-ist wél een bepaald idee in een werkende schakeling kan omzetten en de andere niet is dus veelal een kwestie van iets meer kennis. Wie dagelijks in het lab verblijft en de soldeerbout acht uur per dag heet stookt doet zo'n schat aan kennis en ervaring op, dat een heleboel problemen en vragen waar de gemiddelde doe-het-zelver mee zit zo opgelost kunnen worden.

Deze kennis en ervaring wordt in dit hoofdstuk aan de minder ervaren lezer overgedragen.

**Praktijk tips voor de hobby-ontwerper**
In dit hoofdstuk worden tientallen van dergelijke tips gegeven. Tips die inderdaad ontstaan zijn uit een jarenlange dagelijkse praktijk en die vaak afwijken van de "officiële" oplossingen die volgens de elektronica leerboeken en data-boeken van de fabrikanten voor de hand liggen.
Iedere hobby-ontwerper zal ongetwijfeld uit deze tips tal van nuttige ideeën kunnen opdoen voor het oplossen van eigen problemen.
Een groot voordeel van de voorgestelde schakelingetjes is dat er steeds ***standaard onderdelen*** worden toegepast!
Onderdelen, die iedere elektronica doe-het-zelver wel in een of ander doosje of kastje heeft liggen. Het is immers tegenwoordig te gemakkelijk om voor ieder probleem een speciaal IC toe te passen. Maar vaak wordt dan door de ontwerper, die goede connecties heeft met de belangrijkste importeurs, niet nagegaan of de doe-het-zelver al dat fraais ook in huis kan halen!

**Indeling**
Dit hoofdstuk is ingedeeld in zeven subhoofdstukken:
- voedingen;
- versterkers;
- operationele versterkers;
- meettechniek;
- digitale elektronica;

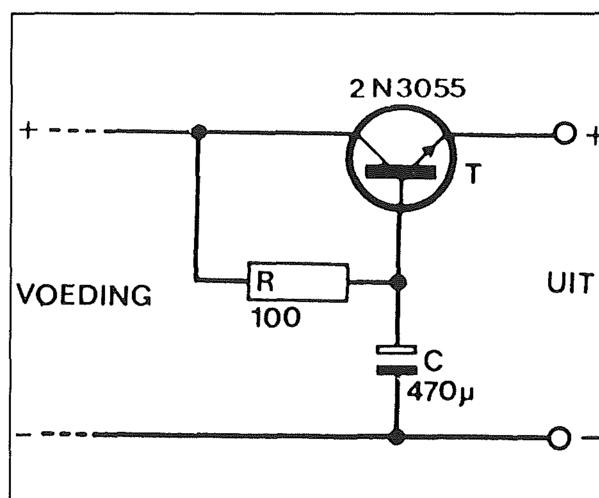
- computers;
- diversen.

# Voedingen

### Langzaam opkomende voedingsspanning

Voedingen bouwen hun uitgangsspanning na het inschakelen van het net heel snel op. Voor sommige systemen kan dat een probleem zijn, zeker voor schakelingen waar veel elektrolytische condensatoren in zitten. Deze laden op tot hun werkspanning en dat kan best enige seconden duren. In die tussentijd kunnen er allerlei ongewenste overgangsverschijnselen optreden, bijvoorbeeld grote spanningen op de uitgang van een eindversterker, die luide ploppen in de luidsprekers veroorzaken. Bovendien is het in het algemeen een feit dat elektronische onderdelen voornamelijk defect raken bij het inschakelen van de apparatuur. De plotselinge spanningen en stromen die dan ontstaan kunnen een door vaak opwarmen en weer afkoelen vermoeid IC de doodsteek geven.
Een oplossing voor dergelijke problemen is het opkomen van de voedingsspanning kunstmatig te vertragen. Dat kan met behulp van de schakeling die in figuur 3/8.10.12-1 getekend is.

De normale voedingsschakeling wordt afgesloten met een 2N3055, die als emittervolger geschakeld is. De basis is aangesloten op een vertragend RC-netwerkje. Als de voedingsspanning op de collector van de transistor verschijnt zal de condensator C nog volledig ontladen zijn. Op de emitter staat dus geen spanning. De condensator gaat nu langzaam opladen via de weerstand R naar de voedingsspanning. De basisspanning stijgt dus langzaam, met als gevolg dat de emitterspanning ook langzaam stijgt. Deze emitterspanning wordt de nieuwe voedingsspanning van de schakeling. Door het langzaam opkomen van deze spanning zullen de schakelingen die gevoed worden zich soepeler instellen en heeft men minder last van ongewenste inschakelverschijnselen.

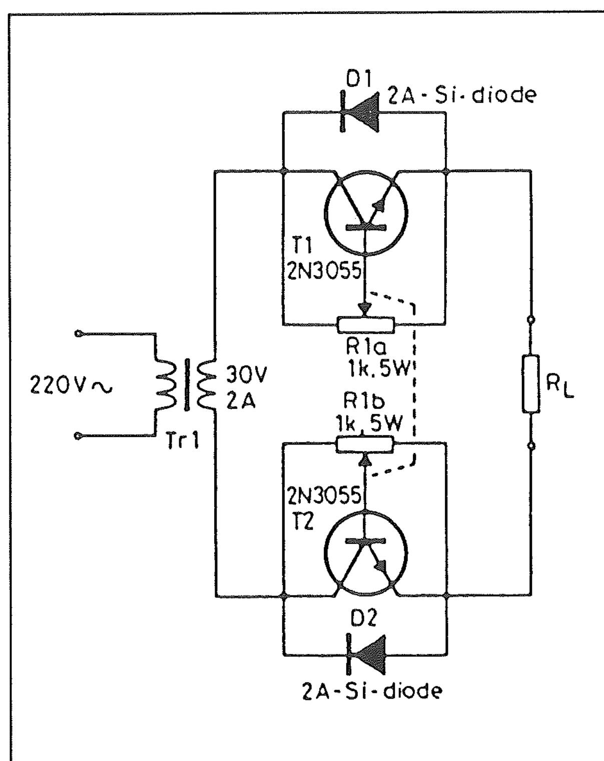


**Figuur 3/8.10.12-1:** Het vertraagd opkomen van een positieve voedingsspanning.

### Regelbare wisselspanning

Voedingen die een regelbare wisselspanning genereren zijn dun gezaaid. Toch is het voor bepaalde toepassingen handig om over een dergelijke spanning te beschikken. Met kan dan bijvoorbeeld experimenteel de minimale waarde van de secundaire spanning van een voedingstrafo bepalen die nodig is om een noodzakelijke gelijkspanning te handhaven bij een bepaalde belastingsstroom.
Natuurlijk kan men een variac kopen, een regelbare trafo. Maar deze onderdelen zijn zeer duur en nauwelijks rendabel te

maken in de hobby-praktijk. Een alternatief is getekend in figuur 3/8.10.12-2.



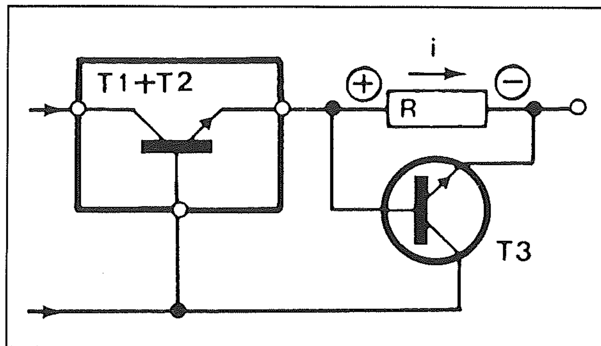

**Figuur 3/8.10.12-2:** Een goedkope oplossing voor het genereren van een regelbare wisselspanning.

Uitgangspunt is een flinke voedingstrafo met een secundaire spanning van bijvoorbeeld 30 V bij 2 A. De secundaire wikkeling wordt afgesloten met twee zware PNP-transistoren, zoals de aloude 2N3055. Tussen de emitter en de collector van beide transistoren zijn draadgewonden potentiometers van 5 W opgenomen met een waarde van 1 kΩ. De werking van de schakeling is als volgt. Als de bovenste aansluiting van de secundaire wikkeling positief is ten opzichte van de onderste aansluiting gaat T1 geleiden en T2 sperren. De mate van geleiding van T1 is afhankelijk van de plaats van de loper op R1a. Hoe meer de loper naar de emitter geplaatst wordt, hoe minder de transistor gaat geleiden en hoe hoger zijn inwendige weerstand wordt. De stroom loopt van de bovenste aansluiting van de secundaire wikkeling door T1 naar de belasting. Vandaar gaat de stroom verder naar de onderste aansluiting van de secundaire wikkeling via de geleidende diode D2.
Als de polariteit van de secundaire spanning ompoolt gaat T1 sperren en T2 geleiden. De stroomkring wordt nu gesloten door de geleidende diode D1.
Het enige probleem van deze schakeling is dat beide potentiometers steeds dezelfde instelling moeten hebben. In feite zou men dus een stereo-pot moeten gebruiken, maar die bestaan niet in de 5 W draadgewonden uitvoering. Op de een of andere manier zal men dus zélf beide potentiometers mechanisch aan elkaar moeten koppelen. Een typische klus dus voor de fanatieke doe-het-zelver!
Hoe minder de twee transistoren geleiden, hoe kleiner de stroom door de schakeling zal zijn en hoe minder spanning er over de belastingsweerstand $R_L$ ontstaat. Vanwege de complementaire structuur van de schakeling zal over de belasting een bijna vlekkeloze sinusoidale spanning ontstaan, waarvan de grootte in te stellen is door het verdraaien van de lopers van de twee potentiometers.

**Stroombegrenzing aanbrengen**

Bij het experimenteren met schakelingen kan van alles mis gaan. Het is dus geen overbodige luxe om met tegen kortsluiting beveiligde voedingen te werken! De meeste regelbare laboratoriumvoedingen hebben een regelbare stroombegrenzing, maar losse voedingen die op een print staan ter voeding van een bepaalde schakeling zijn meestal niet uitgerust met een kortsluitbeveiliging.

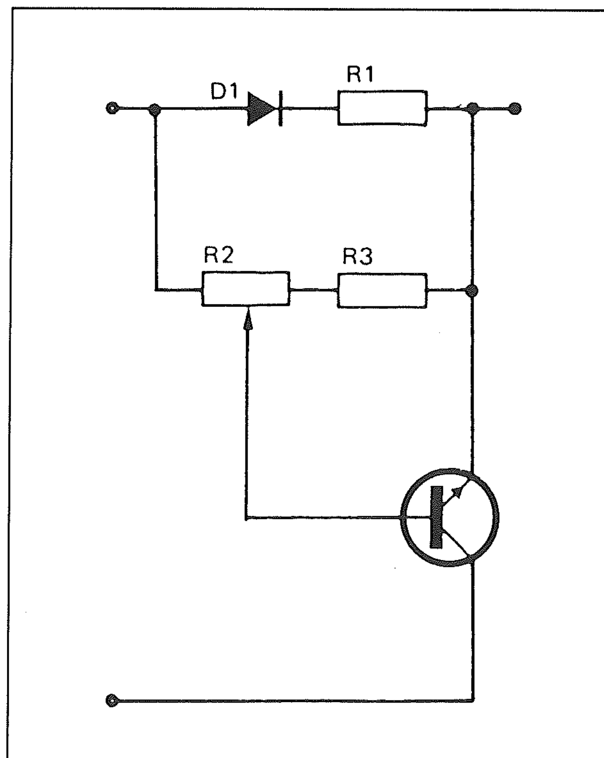
Jammer, want zoals blijkt uit figuur 3/8.10.12-3 heeft men maar één weerstand en één goedkope transistor nodig om gelijk welke gestabiliseerde voeding met externe serie-transistor te beveiligen.



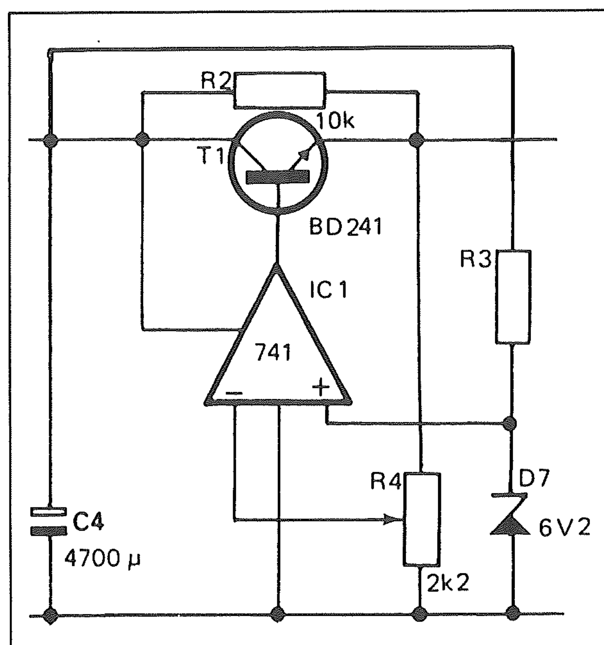

**Figuur 3/8.10.12-3:** Het tegen kortsluiting beveiligen van een gestabiliseerde voeding.

De weerstand R is de stroomsensor, die de grootte van de door de voeding geleverde stroom meet. Over de weerstand staat de basis/emitter-overgang van een Si-transistor.
De collector van deze halfgeleider gaat naar de basis van de serietransistor van de voeding. In het schema is deze transistor T1 + T2 benoemd, omdat bij vele voedingen hiervoor een darlington wordt ingezet. Als de stroom die de voeding levert zo klein is dat over de weerstand een spanning van minder dan 0,65 V ontstaat, zal de transistor sperren en is er niets aan de hand. Maar als de stroom stijgt zal de spanning over het onderdeel de transistor in geleiding sturen.
Het gevolg is dat de basis van de serietransistor via de geleidende T3 met de uitgang van de voeding wordt verbonden. De basis wordt dus negatiever, met als gevolg dat de serie-transistor minder gaat geleiden en de uitgangsstroom van de voeding daalt.
De schakeling werkt dus als stroombegrenzer, die de maximale stroom die de voeding kan leveren op een veilige waarde begrenst.
De getekende schakeling kan zonder problemen worden toegepast bij iedere voeding die regelt met behulp van een serietransistor die geschakeld is tussen de afvlakelco en de uitgang van de voeding. De waarde van de weerstand R kan uiteraard berekend worden met de wet van Ohm.

**Regelbare stroombegrenzing**
Hetzelfde principe kan ook toegepast worden om een regelbare stroombegrenzing te maken.
Het schema is getekend in figuur 3/8.10.12-4.




**Figuur 3/8.10.12-4:** Een instelbare stroombegrenzing bij een voeding.




**Figuur 3/8.10.12-5:** Een eenvoudige gestabiliseerde en instelbare voeding.

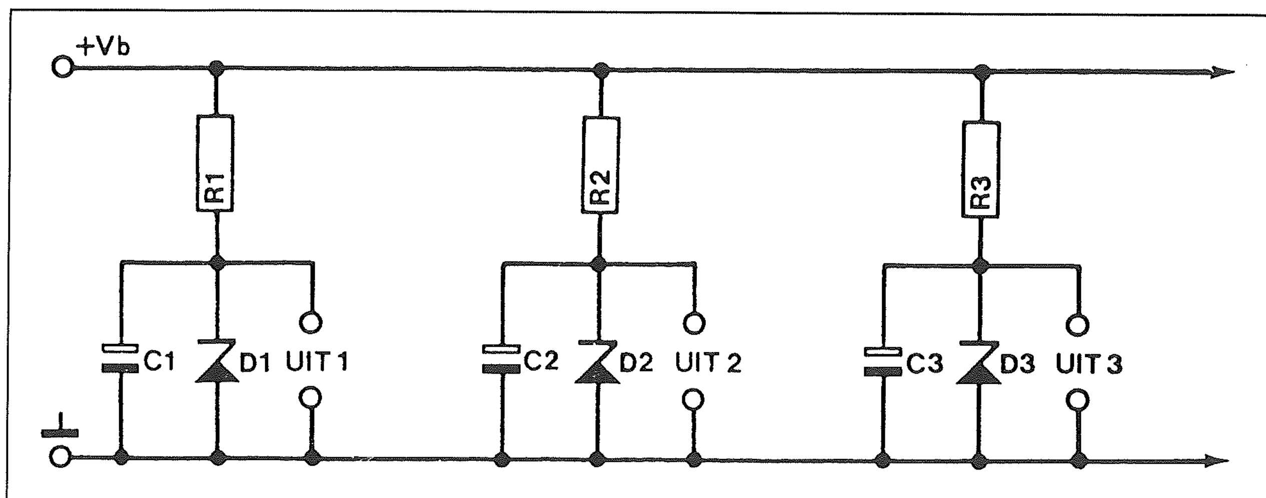
De stroomsensor weerstand is nu vervangen door deserieschakeling van een diode D1 en een weerstand R1. De diode zorgt ervoor dat het regelbereik van de stroombegrenzing prettig ingesteld kan worden met de potentiometer R2. Zelfs bij een relatief kleine stroom valt over de diode een spanning van 0,65 V. Hierdoor staat de transistor, zelfs bij minimale stroom, ingesteld op het randje van geleiden als de loper van de potentiometer helemaal links staat. Op deze manier kan men de schakeling reeds laten reageren bij een uitgangsstroom van ongeveer 50 mA. De maximale stroom vloeit als de loper van de potentiometer volledig rechts staat. De spanningsval over D1 + R1 wordt dan verdeeld tussen R2 en R3 en deze weerstandsverhouding bepaalt de stroom waarbij de transistor gaat geleiden en de basis van de serie-transistor(en) naar de uitgang trekt. Het heeft weinig zin hiervoor formules of waarden te geven.

Het experiment is nog steeds de beste manier om schakelingen precies aan de eigen wensen aan te passen!

**Eenvoudige instelbare voeding**

Het meest eenvoudige schema van een goede instelbare gestabiliseerde voeding is getekend in figuur 3/8.10.12-5.

De getekende schakeling is bruikbaar tot ongestabiliseerde spanningen van +35 V. Bij hogere spanningen gaat de operationele versterker 741 stuk! De uitgang van de op-amp stuurt rechtstreeks de basis van de serie-transistor T1. De niet-inverterende ingang van de op-amp wordt ingesteld op een constante spanning van 6,2 V. Deze ontstaat over de zenerdiode D7, die wordt ingesteld vanuit de ongestabiliseerde voeding via de serieweerstand R3. Deze weerstand zo berekenen dat er ongeveer 10 mA door de zener vloeit! De inverterende ingang van de op-amp gaat naar een potentiometer, geschakeld tussen de massa en de uitgang. Er ontstaat een klein teruggekoppeld regelschakelingetje, dat er voor zal zorgen dat beide ingangen van de op-amp op gelijke spanningen komen te staan. Staat de loper van de potentiometer in de middenstand, dan zal over de onderste helft van het weerstandslichaam dus een spanning van 6,2 V staan. Over de volledige potentiometer moet dan wel 2 x 6,2 V = 12,4 V staan. Dat is meteen de uitgangsspanning van de voeding! Hoe meer men de loper van de potentiometer naar de massa verplaatst, hoe hoger de uitgangsspanning wordt. In de andere uiterste stand, dus loper helemaal bovenaan, staat de inverterende ingang rechtstreeks gekoppeld aan de uitgang van de schakeling. Het gevolg is dat de uitgangsspanning dan gelijk is aan 6,2 V, de spanning van de zener.




Figuur 3/8.10.12-6: Het voeden van ingangsschakelingen uit afzonderlijk ontkoppelde en gestabiliseerde spanningen.

Dat is dus de minimale spanning waarop de voeding kan worden ingesteld. Wil men lager regelen, dan moet men de zener vervangen door een exemplaar met een kleinere spanning.

**Ontkoppelen van de voeding**

Vooral in versterkerschakelingen moet men veel aandacht besteden aan de manier waarop de diverse blokken van de schakeling worden gevoed. Het is bijvoorbeeld niet verstandig de voor- en de eindversterkers van een audio-versterker uit dezelfde spanning te voeden! Met enige pech ontstaat een vervelend verschijnsel, dat "motorboaten" wordt genoemd. De grote stromen, die de eindversterker uit de voeding trekt, hebben tot gevolg dat de voedingsspanning daalt. Deze daling komt natuurlijk ook terecht op de voorversterkers, met als gevolg dat deze onstabiel worden en de variërende voedingsspanning als een deel van het te versterken signaal gaan zien.
Er ontstaat op deze manier een gesloten lus tussen voor- en eindversterker, hetgeen tot het genoemde oscillatieverschijnsel leidt.

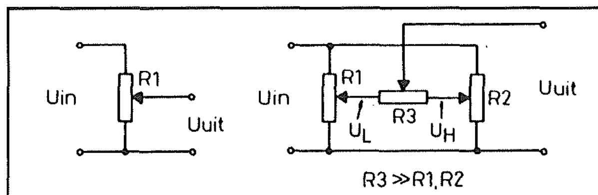
Veel beter kan men het systeem toepassen, geschetst in figuur 3/8.10.12-6. Hierbij worden vanuit de algemene voeding verschillende deelvoedingen afgeleid, die afzonderlijk gestabiliseerd en ontkoppeld worden. Zo zou de voeding UIT1 gebruikt kunnen worden voor het voeden van de linkse voorversterker, de voeding UIT2 voor de rechtse voorversterker en de voeding UIT3 voor de toonregeling. Op deze manier is het absoluut onmogelijk dat er terugkoppelingen in de schakeling ontstaan via de voedingsspanning.

**Nauwkeurige instellen van de uitgangsspanning**

De meeste regelbare voedingen hebben één potentiometer, waarmee men de uitgangsspanning van de voeding kan instellen. Maar dezelfde voedingen beschikken wél over een digitaal display met minstens drie decimalen, waarmee men de waarde van de uitgangsspanning tot twee cijfers na de komma kan aflezen. Maar wel eens ooit gepoogd met deze potentiometer de uitgangsspanning op precies 12,00 V in te stellen? Dat gaat natuurlijk niet! Vandaar dat professionele voedingen een tientoe-

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

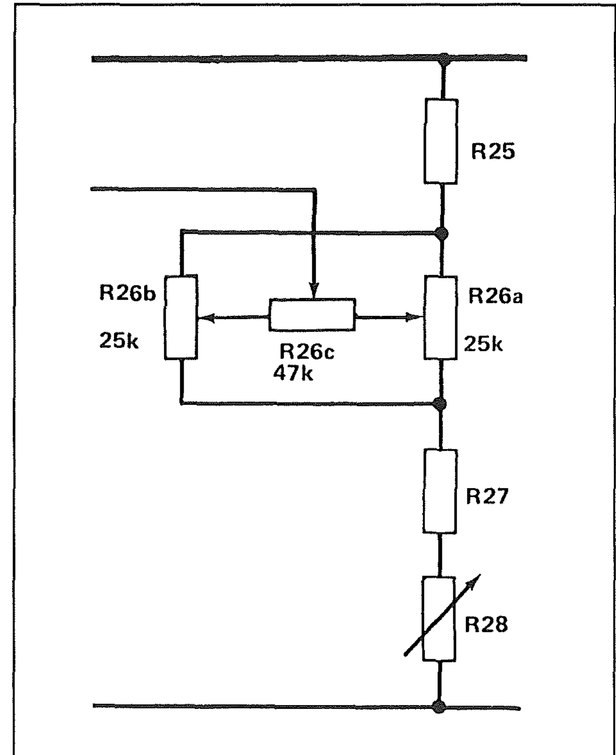
ren potentiometer hebben voor het instellen van de uitgangsspanning. Een zeer dure grap, die nergens voor nodig is, want er bestaat een veel goedkoper middeltje dat minstens zo goed werkt!




**Figuur 3/8.10.12-7:** Het principe van de zeer nauwkeurige spanningsinstelling.

Het principe is getekend in figuur 3/8.10.12-7. Links is de normale potentiometer getekend, waarmee men de spanning kan instellen. Rechts het alternatief, dat uit drie potentiometers bestaat. Dat kunnen gewone, ordinaire, goedkope koolpotentiometers zijn, de enige voorwaarde is dat de waarde van R3 minstens tien keer groter is dan deze van R1 en R2. Stel dat men de uitgang van de voeding wil instellen op 12,00 V. Men zet de loper van R3 in de linker stand en verdraait de loper van R1 tot de voeding een uitgangsspanning van 11,9 V opwekt. Dan zet men de loper van R3 in de rechter stand en verdraait R2, tot de uitgangsspanning van de voeding gelijk is aan 12,1 V. Het regelbereik van de potentiometer R3 loopt nu van 11,9 V tot 12,1 V en het is vrij gemakkelijk om de spanning heel precies op 12,00 V af te regelen!

In figuur 3/8.10.12-8 is dit geniale principe uitgewerkt voor een praktische voedingsschakeling. Het volledige systeem zou bijvoorbeeld de plaats van de potentiometer R4 in het schema van figuur 3/8.10.12-5 kunnen innemen.



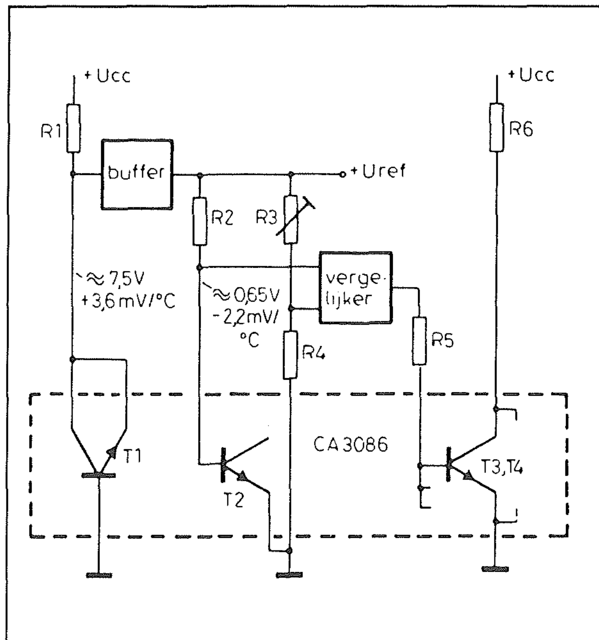

**Figuur 3/8.10.12-8:** Een praktische uitwerking van het principe van figuur 3/8.10.12-7.

**Nauwkeurige spanningsreferentie**

Bij vele schakelingen heeft men behoefte aan een zeer nauwkeurige, goed temperatuurstabiele spanningsreferentie. Denk maar aan ADC's of DAC's en logaritmische omvormers. Maar ook iedere voeding heeft een referentiespanning nodig! De stabiliteit van de uitgangsspanning van de voeding is in grote mate afhankelijk van de stabiliteit van de spanningsreferentie. Er zijn uiteraard een heleboel speciale (dure) dioden en IC's op de markt, die een zeer stabiele spanning genereren. Maar of op de markt ook betekent in de winkel?

Met drie goedkope IC's kan men echter zélf een uiterst stabiele spanningsreferentie samenstellen, met specificaties waar menig speciaal referentie-IC groen en geel van jaloezie van wordt.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

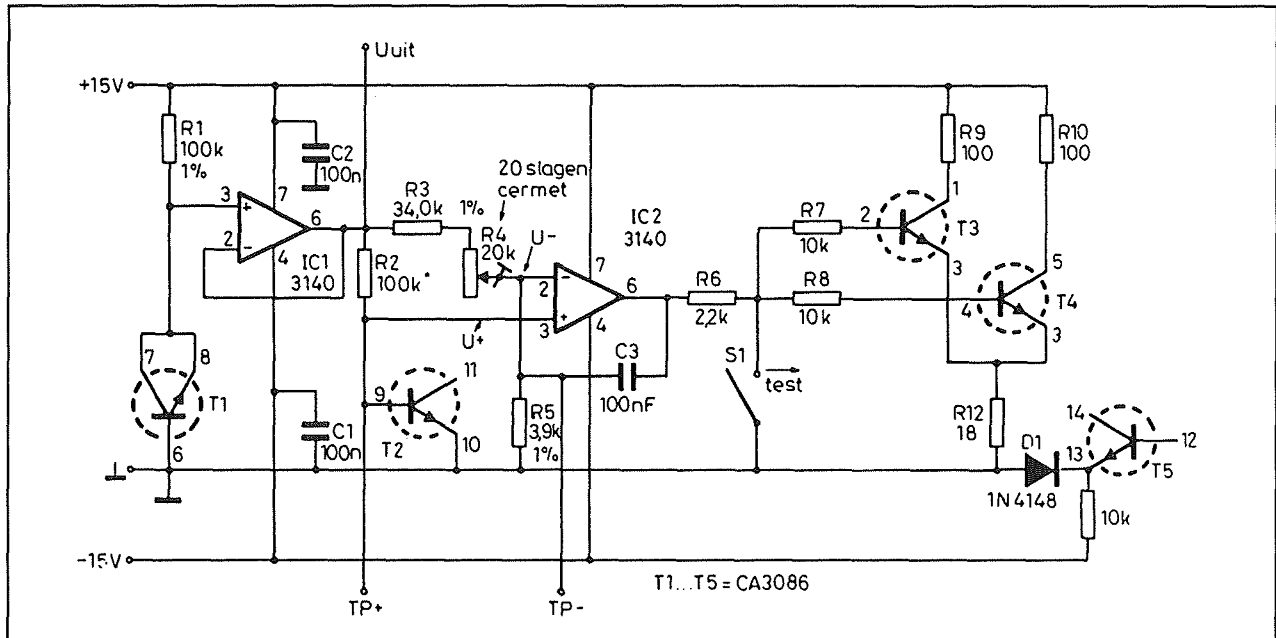



**Figuur 3/8.10.12-9:** Het principe van de zelfbouw spanningsreferentie.

Het principe is getekend in figuur 3/8.10.12-9. De schakeling maakt gebruik van het gegeven dat men een Si-transistor kan gebruiken als:
- zenerdiode;
- temperatuursensor;
- verwarmingselement.

In een goedkoop array zoals de CA3086, zitten vijf identieke transistoren.
Transistor T1 wordt gebruikt als zenerdiode. Het volstaat simpelweg de emitter en de collector kort te sluiten en de aldus ontstane "zenerdiode" via een serieweerstand R1 met een gestabiliseerde spanning te verbinden. De zenerspanning bedraagt ongeveer 7,5 V en de temperatuurscoëfficiënt van de zenerspanning is gelijk aan +3,6 mV/°C. Veel te veel voor een echte nauwkeurige spanningsreferentie.
Transistor T2 wordt gebruik als temperatuursensor. De basis/emitter-overgang levert een spanning van ongeveer 0,65 V met een temperatuurscoëfficiënt van -2,2 mV/°C. Deze spanning wordt nu vergeleken met een referentiespanning, afgeleid van de zenerspanning van T1. De vergelijker stuurt twee transistoren T3 en T4 met een spanning. Deze gaan min of meer geleiden en dissiperen dus min of meer warmte in de chip. Het systeem is daardoor teruggekoppeld. De vergelijker zal er voor zorgen dat de spanningen op zijn beide ingangen aan elkaar gelijk worden. Dat kan alleen door T3 en T4 zo heet te stoken dat de temperatuur van de chip op een constante waarde wordt ingesteld. Het systeem is dus in feite te vergelijken met de allerduurste thermostaatgeregelde professionele spanningsreferenties. Schakelingen waar ongeveer honderd gulden voor neergeteld moet worden!
Het uitgewerkt schema is getekend in figuur 3/8.10.12-10. Transistor T1, de eigenlijke referentiediode, wordt gevoed uit de voedingsspanning van +15 V. Deze spanning moet goed gestabiliseerd zijn! De zenerspanning van ongeveer 7,5 V wordt gebufferd door de operationele versterker IC1. De uitgang van deze op-amp is tevens de uitgang van de referentie. Dank zij de zeer lage uitgangsimpedantie van de op-amp heeft de spanningsreferentie een verwaarloosbare impedantie, in ieder geval veel lager dan de 0,2 Ω die voor professionele referenties als minimale waarde wordt opgegeven. De temperatuursensor wordt gevoed uit deze uitgangsspanning.
De spanning over de sensor wordt in de operationele versterker IC2 vergeleken met een referentiespanning. De potentiometer R4 legt de temperatuur van de chip van de CA3086 vast op ongeveer 80 °C. De op-amp IC2 is geschakeld als integrerende vergelijker.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

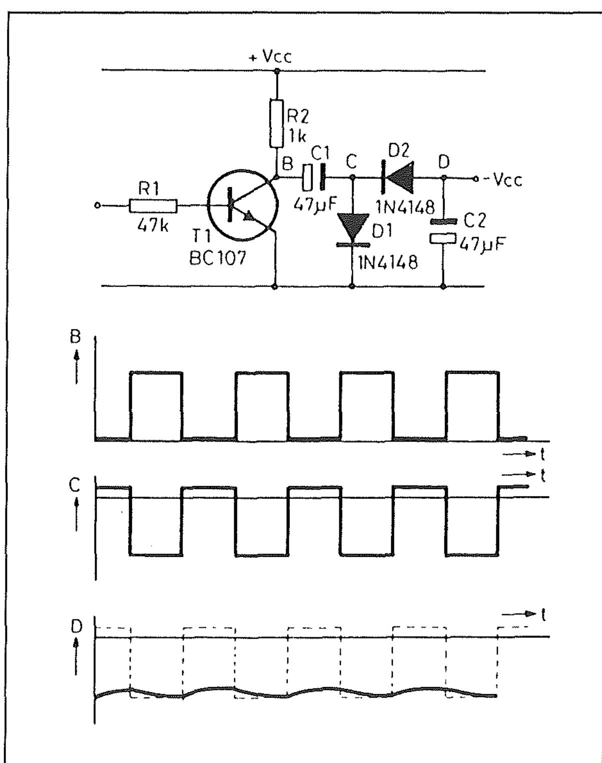



**Figuur 3/8.10.12-10:** Het praktische schema van de extra-stabiele spanningsreferentie.

De integratie-functie ontstaat door de aanwezigheid van de terugkoppelcondensator C3. Deze zorgt ervoor dat de uitgangsspanning van de op-amp langzaam zal variëren en dat de verwarmingstransistoren T3 en T4 geleidelijk meer of minder in geleiding worden gestuurd.
Pen 13 van de CA 3086 moet op een spanning worden ingesteld die lager is dan de spanning op de overige pennen van het IC.
Vandaar dat deze pen via de diode D1 en de weerstand van 10 kΩ wordt ingesteld op een spanning van -0,65 V.
Het afregelen van de schakeling gaat erg eenvoudig. De schakeling wordt verbonden met de symmetrische voedingsspanningen van +/-15 V. Het knooppunt van de weerstanden R6, R7 en R8 wordt kortgesloten naar de massa. In het schema is dit gesymboliseerd door de schakelaar S1 (test). Na ongeveer tien minuten opwarmen meet men de spanning tussen de twee punten TP+ en TP-.
Met behulp van de potentiometer R4 regelt men deze spanning af op ongeveer 140 mV. Vervolgens heft men de kortsluiting naar de massa op. Men stelt nu vast dat het spanningsverschil tussen TP+ en TP- snel naar 0 V daalt. Na een vijftal minuten is de schakeling gestabiliseerd en staat op de uitgang een referentiespanning van ongeveer 7,5 V ter beschikking met opmerkelijke specificaties. De uitgangsspanning werd gemeten met een vijf decade digitale universeelmeter. De omgevingstemperatuur werd gecontroleerd op 0,1 °C nauwkeurig.
Uit deze metingen bleek dat deze eenvoudige zelfgebouwde spanningsreferentie een temperatuurscoëfficiënt heeft van slechts 0,002 %/°C! Ter vergelijking: de AD580LH van Analog Devices, een temperatuurgecompenseerde spanningsreferentie, heeft een temperatuurscoëfficiënt van 0,0025 %/°C.
De prijs van dit IC: *f* 68,00 ex. BTW, verzendings- en administratiekosten!

### Negatieve hulpvoeding

In digitale systemen werkt men vaak met een enkelvoudige voeding van +5 V. Maar wat als men, bijvoorbeeld voor het voeden van een op-ampje, een negatieve voeding nodig heeft? Uiteraard bestaan er speciale IC's (Maxim!) die uit een positieve voedingsspanning een negatieve afleiden. Maar als ergens in het digitale systeem een blokspanning ter beschikking staat kan men de schakeling van figuur 3/8.10.12-11 toepassen.




**Figuur 3/8.10.12-11:** Het genereren van een negatieve hulpvoeding uit +5 V.

De transistor T1 wordt als schakeltransistor gebruikt en wordt gestuurd met de beschikbare blokspanning. Dat kan bijvoorbeeld een clocksignaal zijn, de enige voorwaarde is dat de frequentie van dit signaal groter is dan 1 kHz en kleiner dan 1 MHz. Op punt B ontstaat dus een blokspanning die heen en weer gaat tussen 0 V en +5 V. Deze spanning wordt door middel van de clamp-kring C1/D1 negatief op de massa geclampt. De diode gaat geleiden als de spanning op de rechter plaat van de condensator negatief wil worden. Als gevolg ontstaat op punt C een negatieve blokspanning met een maximale negatieve waarde van ongeveer -4,5 V. Dit negatieve signaal wordt vervolgens gelijkgericht met behulp van de diode D2 en afgevlakt met de condensator C2. Over dit laatste onderdeel ontstaat een negatieve gelijkspanning met een waarde van ongeveer -4,0 V. Deze spanning is uitermate geschikt voor het voeden van een aantal operationele versterkers. Men moet er echter wel rekening mee houden dat deze negatieve voedingsspanning niet erg belast mag worden. Meer dan ongeveer 5 mA kan de schakeling niet leveren, maar vaak is dat meer dan genoeg.

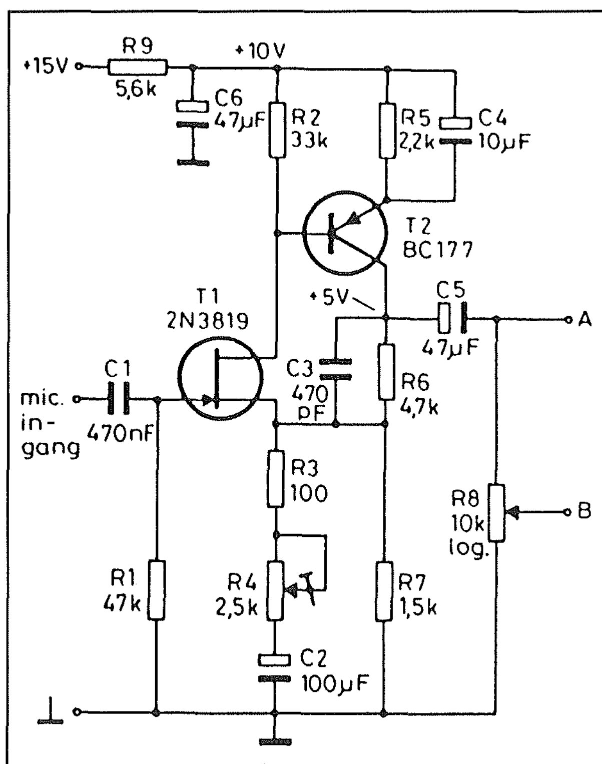
## Versterkers

### Universele microfoonversterker

Gewone operationele versterkers zoals de 741 of de CA3140 zijn niet zo geschikt voor het versterken van het uitgangssignaal van microfoons. Deze schakelingen hebben een te hoge eigen ruis. Wie niet van plan is speciale ruisarme geïntegreerde versterkers te kopen zal het dus nog steeds met transistoren moeten doen.

In figuur 3/8.10.12-12 is een dergelijke schakeling getekend. De tweetraps versterker maakt gebruik van een FET in de ingang. De versterking van deze trap is instelbaar door middel van de instelpotentiometer R4. De ingangsimpedantie wordt bepaald door de waarde van de

weerstand R1. De tweede trap heeft een vaste versterking, die wordt bepaald door de verhouding tussen de weerstanden R5 en R6 + R7. De terugkoppeling van de uitgang naar de ingang (R6//C3) zorgt voor een zeer stabiele werking van de schakeling. De condensator C3 beperkt de bandbreedte aan de hoge kant. De versterking van de schakeling ligt rond de 40.



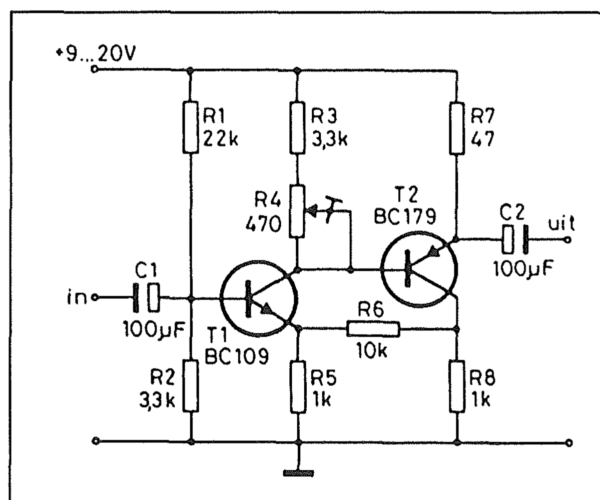

**Figuur 3/8.10.12-12:** Universele ruisarme microfoonversterker.

## Universele tweetraps voorversterker

In figuur 3/8.10.12-13 is een soortgelijke schakeling getekend, maar dan zonder FET in de ingang.

De versterking van deze trap is gelijk aan 10. Door als ingangsversterker de zeer ruisarme BC109 te gebruiken kan men deze schakeling ook als microfoonversterker toepassen. Beide trappen zijn afzonderlijke teruggekoppeld door emitterweerstanden zonder parallel geschakelde condensator. Hierdoor is de versterker over een zeer grote bandbreedte zeer stabiel. Daarnaast is er nog een derde terugkoppeling over de gehele schakeling via de weerstand R6.

Met de instelpotentiometer R4 kan men, als men over een vervormingsmeter beschikt, de totale harmonische vervorming van de schakeling minimaliseren. In het laboratorium werden exemplaren gebouwd die afgeregeld konden worden op een vervorming van slechts 0,01 %! Wie niet over dit soort apparatuur beschikt kan de instelpotentiometer vervangen door een vaste weerstand van 270 Ω.

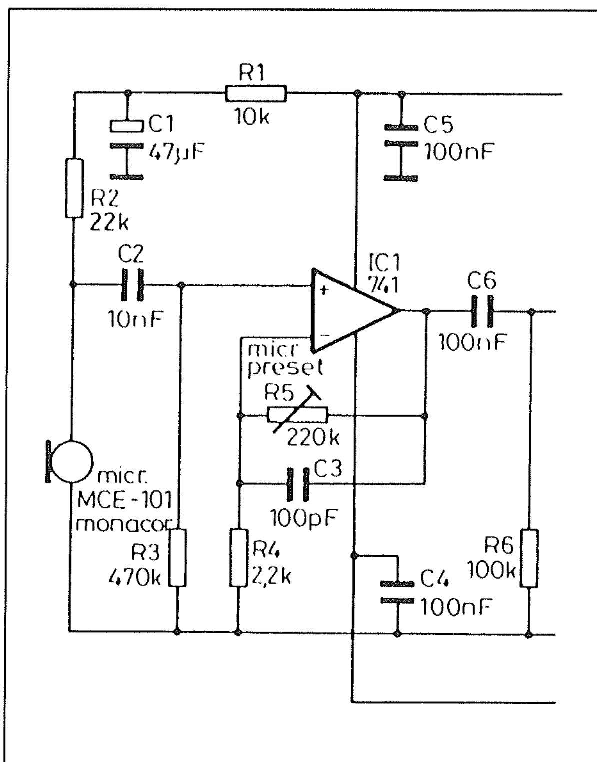



**Figuur 3/8.10.12-13:** Een universele voorversterker met een PNP/NPN-combinatie.

## Electret-versterker

De meeste hobby-isten zullen wel ergens een of meerdere electret microfoonkapseltjes hebben liggen, bijvoorbeeld gesloopt uit een goedkope telefoon. Dat zijn ideale onderdelen voor het samenstellen van een babyfoon of om aan te sluiten op

de microfooningang van een geluidskaart in de computer. Het uitgangssignaal is echter zeer laag en dus moet er flink voorversterkt worden. In figuur 3/8.10.12-14 is een speciale schakeling getekend voor electret microfoons.




**Figuur 3/8.10.12-14:** Een speciale voorversterker voor electret microfoons.

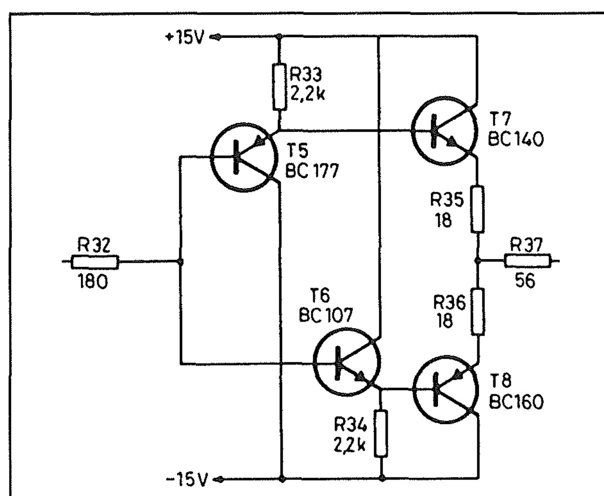
De electret wordt ingesteld met behulp van de weerstand R2 uit een positieve spanning.
Deze spanning wordt afgeleid uit de positieve voedingsspanning (+12 V), maar nog eens extra ontkoppeld en ontbromd door de weerstand R1 en de condensator C1. Het microfoonsignaal ontstaat op het knooppunt van de electret en de weerstand C2. De operationele versterker IC1 is ingesteld als niet-inverterende versterker. Het ingangssignaal gaat naar de niet-inverterende ingang. De inverterende ingang wordt gebruikt om de versterkingsfactor van het geheel in te stellen. De versterking wordt bepaald door de verhouding tussen de weerstanden R4 en R5. Met de getekende weerstand kan men de versterking instellen op een waarde van maximaal 100 en minimaal 1. De kleine condensator C3 zorgt weer voor het stabiliseren van het hoogfrequente gedrag van de schakeling. Let op de twee ontkoppelcondensatoren C4 en C5, die zo dicht mogelijk bij de voedingsaansluitingen (+/-12 V) van de operationele versterker moeten worden aangebracht. Het signaal wordt capacitief afgenomen en staat mooi symmetrisch ten opzichte van de massa beschikbaar over de weerstand R6.

**Zeer breedbandige buffer**

Bij het ontwerpen van schakelingen op audio-gebied ontstaat vaak de noodzaak een signaaltje te bufferen. Men wil dan niet versterken, maar een signaal met een zo laag mogelijke impedantie ter beschikking krijgen. De meest voor de hand liggende oplossing is gebruik te maken van een emittervolger of een als buffer geschakelde operationele versterker. In figuur 3/8.10.12-15 is echter een eenvoudige schakeling getekend, die alle andere buffersystemen in de schaduw zet.

De schakeling is volledig complementair en moet gevoed worden uit twee symmetrische voedingsspanningen. De waarde van deze spanningen is onkritisch. In principe kan de schakeling goed werken tussen +/-5 V en +/-18 V.
De ingangsspanning kan zonder scheidingscondensator rechtstreeks aangeboden worden aan de weerstand van 180 Ω. De weerstand R37 bepaalt de uitgangsimpedantie en deze is in het getekende voorbeeld dus gelijk aan 56 Ω.

De spanningsversterking van het buffertje is gelijk aan 1, de bandbreedte bedraagt tientallen MHz, zelfs met de "gewone" transistoren die in het schema zijn ingetekend. Het is dus zonder meer mogelijk deze schakeling toe te passen als buffer voor een composite video-signaal! De volledige afwezigheid van condensatoren zorgt ervoor dat de wit- en zwartdrempels gehandhaafd blijven.

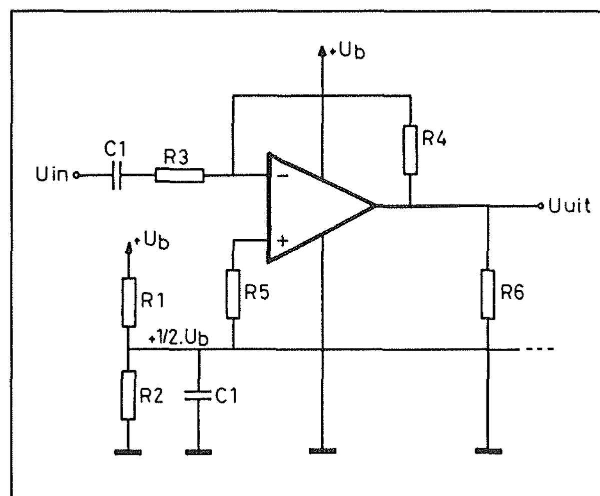


**Figuur 3/8.10.12-15:** Een universele breedbandige en zeer stabiele buffer.

# Operationele versterkers

## Op-amp's asymmetrisch voeden

Wie uitgebreide schakelingen met operationele versterkers bedenkt doet er verstandig aan te kiezen voor een symmetrische voeding. Operationele versterkers zijn immers geschapen voor symmetrische voeding en het systeem heeft vele voordelen. Als instelpunt voor alle trappen kan men immers de massa kiezen, hetgeen heel wat instelcomponenten uitspaart. Als men echter moet werken met een enkelvoudige voeding kan men een symmetrische voeding simuleren door gebruik te maken van het systeem dat in figuur 3/8.10.12-16 getekend is.

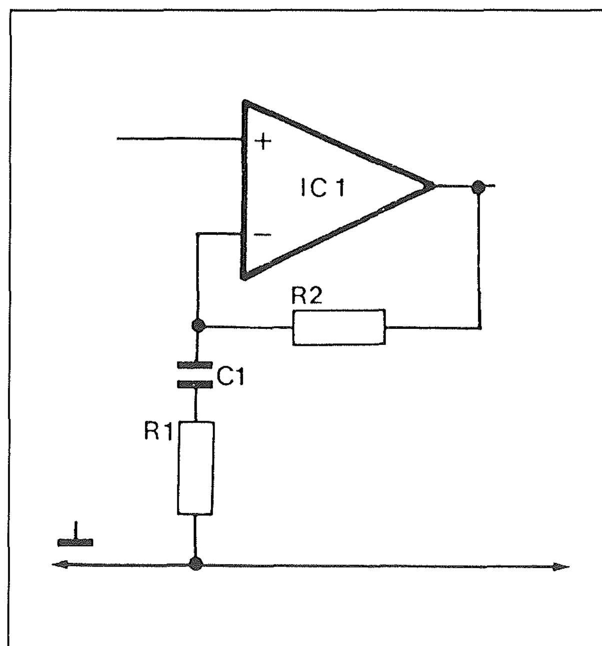


**Figuur 3/8.10.12-16:** Semi-symmetrische voeding voor operationele versterkers.

Tussen de massa en de enkelvoudige positieve voeding +Ub worden twee kleine, even grote weerstanden R1 en R2 geschakeld. Het knooppunt wordt met een flinke elco C1 ontkoppeld naar de massa. Op dit knooppunt staat uiteraard de helft van de voedingsspanning. Dit punt wordt nu bevorderd tot fictieve massa en alle operationele versterkers kunnen nu ingesteld worden naar dit punt. In het voorbeeld gebeurt dit met de weerstand R5. De uitgang van de op-amp staat nu ook op deze fictieve massa-referentie. Verschillende trappen kunnen nu zonder scheidingscondensatoren rechtstreeks met elkaar verbonden worden, net zoals men werkt met symmetrische voedingen. Wel moet men uiteraard aan het begin en het einde van de keten scheidingscondensatoren aanbrengen om het signaal weer te refereren naar de normale massa. In het voorbeeld wordt dit aan de ingang gedaan met de condensator C1.

## Gelijkspanningsoffset uitschakelen

Dank zij de zeer hoge open-lus versterking van een operationele versterker kan men met één dergelijk onderdeel een signaal wel 1.000 keer versterken. Het volstaat tussen de uitgang, de inverterende ingang en de massa een weerstandsdeler met een weerstandsverhouding van 1 op 1.000 te schakelen. Het nadeel is dat dan ook de offsetspanning met dezelfde factor versterkt wordt! Heeft de op-amp een offset van 1 mV, een zeer kleine waarde, dan zal deze offset op de uitgang terug te vinden zijn als gelijkspanning van 1 V! Een en ander kan tot gevolg hebben dat de gelijkspanning op de uitgang zo positief of negatief wordt dat het versterkte signaal, daarop gesuperponeerd, vast loopt tegen de positieve of negatieve voeding.




**Figuur 3/8.10.12-17:** Het uitschakelen van de invloed van de gelijkspanningsoffset.

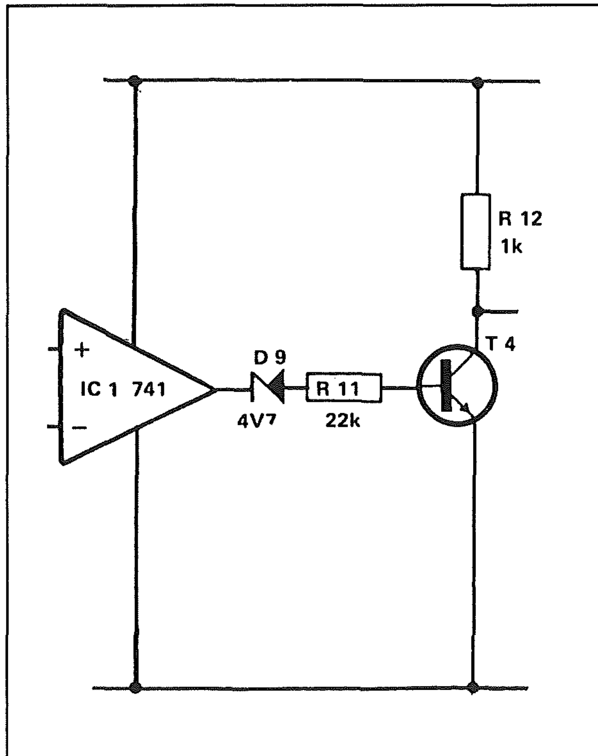
Dat probleem kan gemakkelijk opgelost worden door, zoals getekend in figuur 3/8.10.12-17, een grote condensator is de terugkoppeling op te nemen. Voor gelijkspanning is de spanningsversterking van de trap nu gelijk aan 1. De condensator heeft voor gelijkspanning immers een oneindig hoge impedantie, zodat de schakeling voor gelijkspanning in feite werkt als buffer. De offset tussen de ingangen wordt dus niet versterkt en verschijnt onversterkt en onschadelijk op de uitgang. Voor wisselspanningen heeft de condensator een te verwaarlozen impedantie. De wisselspanningsversterking wordt dan alleen bepaald door de verhouding tussen de weerstanden R1 en R2.

Zoals geschreven moet de waarde van de condensator zo groot mogelijk zijn. Kleine condensatoren hebben een niet te verwaarlozen impedantie voor lage frequenties, zodat de schakeling frequentieafhankelijk gaat versterken, hetgeen uiteraard niet de bedoeling is!

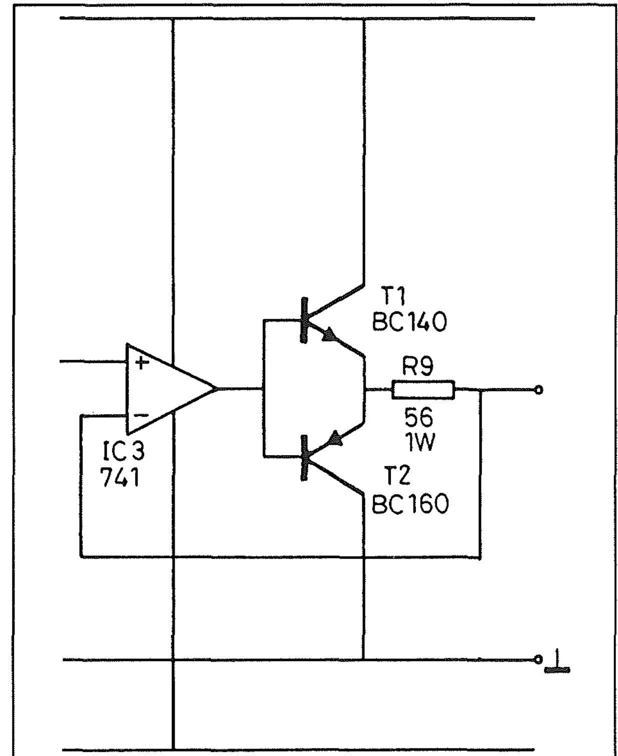
## Van op-amp naar transistor

Vaak wordt een operationele versterker gebruikt als comparator, die twee gelijkspanningen met elkaar vergelijkt. De uitgang van de op-amp schakelt dat van “L” naar “H” of van “H” naar “L” als één gelijkspanning groter of kleiner wordt dan de tweede. Met dit uitgangssignaal moet dan iets gestuurd worden, bijvoorbeeld een transistortrap met een relais in de collector. Een heleboel operationele versterkers kunnen hun uitgangsspanning echter niet tot tegen de negatieve voeding laten dalen. Als men bijvoorbeeld een operationele comparator voedt tussen de massa en een positieve voedingsspanning, dan kan de uitgangsspanning wel gelijk worden aan de waarde van de voedingsspanning, maar niet dalen tot 0 V. Bij een 741 blijft de uitgangsspanning ergens hangen tussen 0,5 V en 1,5 V.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.12-18:** Een betrouwbare manier om een transistor te sturen uit een operationele comparator.



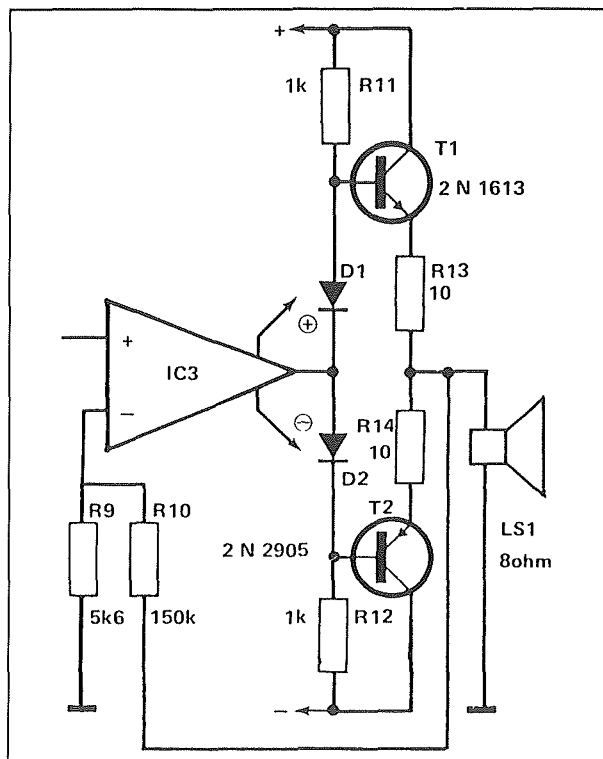

**Figuur 3/8.10.12-19:** Een eenvoudige buffer voor de uitgang van een operationele versterker.

Als men nu die uitgang rechtstreeks gebruikt om een transistor in sper of geleiding te sturen kan het dus gebeuren dat deze transistor nooit naar sper schakelt!
Een betrouwbare manier om dit probleem op te lossen is getekend in figuur 3/8.10.12-18. Tussen de uitgang van de operationele versterker en de basis van de transistor staat niet alleen de noodzakelijke basisweerstand R11, maar bovendien een zenerdiode van 4,7 V. Als de uitgang van de op-amp "H" is, zal de uitgangsspanning van de op-amp hoog genoeg zijn om door de zener heen te dringen en de basis van de transistor te sturen.
Een "L" op de uitgang, zelfs een "zeer slechte" van +1,5 V, zal echter niet door de zenerdiode dringen, zodat er geen basisstroom naar de transistor kan vloeien en dit onderdeel echt naar sper gaat.

Hoewel moderne operationele versterkers zoals de CA3140 hun uitgang heel dicht naar de -Ub kunnen sturen, wordt toch aanbevolen steeds gebruik te maken van het getekende schema.

**De uitgang van een op-amp bufferen**
Hoewel operationele versterkers een zeer lage uitgangsimpedantie hebben, zijn zij toch niet in staat veel stroom te leveren. Als dat wél noodzakelijk is, al is het maar voor het sturen van een hoofdtelefoon, dan moet men de uitgang van de op-amp bufferen.

Een zeer bruikbaar en eenvoudig schema is getekend in figuur 3/8.10.12-19. De uitgang van de op-amp wordt rechtstreeks aangesloten op de twee basissen van complementaire transistoren T1 en T2.




**Figuur 3/8.10.12-20:** Een eindversterkertje voor het voeden van kleine luidsprekertjes.

Ook de emitters zijn rechtstreeks met elkaar verbonden. Tussen de emitters en de ingang staat een kleine weerstand. De uitgang wordt rechtstreeks teruggekoppeld naar de inverterende ingang van de operationele versterker.
Het geheel vormt een spanningsbuffer met een versterking van 1, maar met een stroomcapaciteit van ongeveer +/-50 mA! Door de maximale terugkoppeling is de schakeling uiterst stabiel en bruikbaar over de gehele audio frequentieband. De uitgangsimpedantie is, dank zij de tegenkoppeling, verwaarloosbaar klein.

## Een eindversterkertje

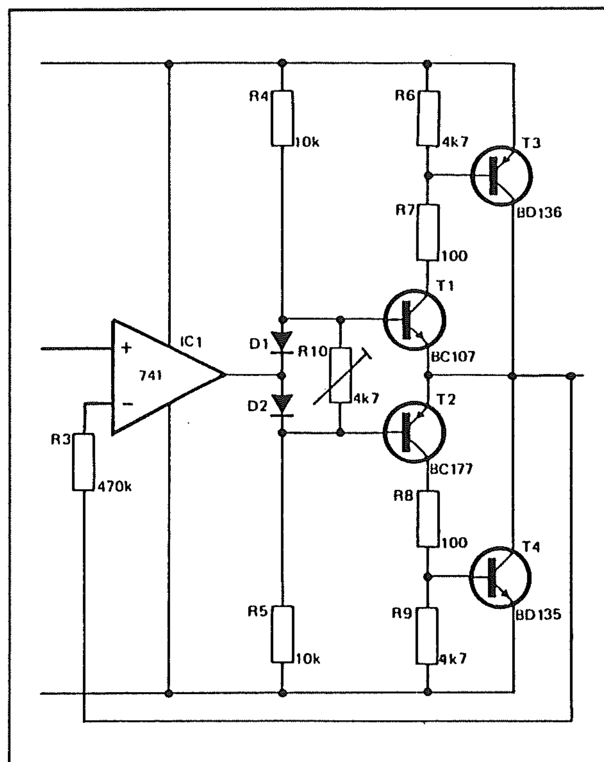
De eenvoudige uitgangsbuffer van figuur 3/8.10.12-19 kan opgepept worden tot het schema van figuur 3/8.10.12-20. Met deze uitgangsbuffer kan men een klein luidsprekertje voeden en het schema is te gebruiken als uitgangstrap in een babyfoon of een intercom.
De spanningsversterking van de schakeling wordt vastgelegd door de verhouding tussen de weerstanden R9 en R10. De uitgangsimpedantie van de schakeling wordt bepaald door de weerstanden R13 en R14. Deze kunnen eventueel iets verkleind worden, maar mogen niet door draadbruggen vervangen worden! Deze emitterweerstanden spelen namelijk een zeer belangrijke rol bij het stabiliseren van de schakeling. De twee eindtransistoren worden ingesteld met behulp van de weerstanden R11 en R12 en de dioden D1 en D2. Dat kunnen gewone Si-dioden zijn zoals de 1N4148. Door de genoemde serieschakeling vloeit een stroom, waardoor over beide dioden spanningen van 0,65 V ontstaan. Dit zijn de basisinstelspanningen voor de twee eindtransistoren. Dank zij deze instelling moet de uitgang van de operationele versterker de eindtransistoren niet over hun "dode zône" helpen en zal de schakeling beter in staat zijn grote uitgangssignalen vervormingsvrij te verwerken.

## Nog meer vermogen

Het thema "gebufferde operationele versterker" is onuitputtelijk. Wie nog meer vermogen wil dan uit de schakeling van figuur 3/8.10.12-20 te halen is, kan overstappen naar figuur 3/8.10.12-21.

Deze schakeling vormt in feite een klein complementair eindversterkertje, dat een vermogen van 1 á 2 W kan leveren aan een belasting van 8 Ω. De dioden D1 en D2 verzorgen, samen met de instelpotentiometer R10, de ruststroom door de eindtrappen. De spanningsversterking van de schakeling is gelijk aan 1.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**



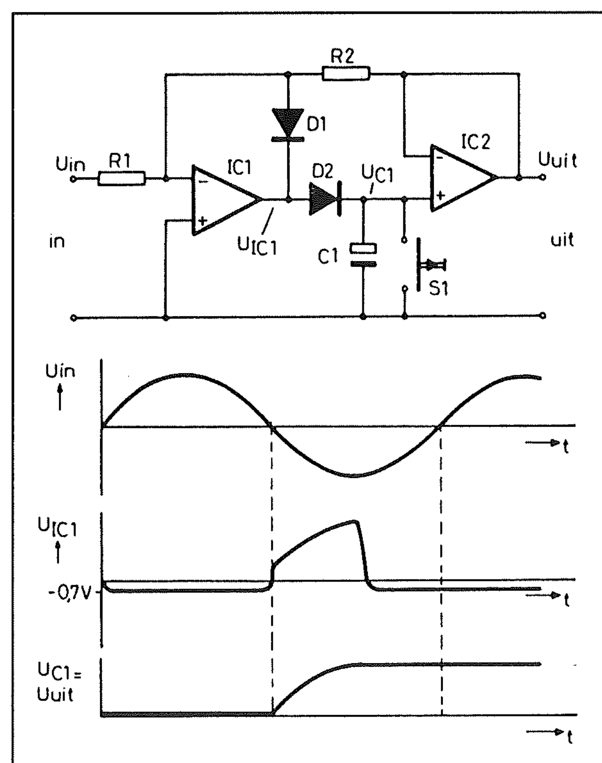

**Figuur 3/8.10.12-21:** Een echt klein eindversterkertje met als basis een operationele versterker.

De terugkoppelweerstand R3 is verantwoordelijk voor de handhaving van de ruststroom. Zou namelijk een van de takken van de complementaire eindtrap meer stroom gaan trekken dan de bedoeling is, dan zal het knooppunt van de collectoren van T3 en T4 op een spanning komen te staan die afwijkt van 0 V. Dit wordt door de weerstand R3 onmiddellijk teruggekoppeld naar de ingang en de operationele versterker neemt de nodige maatregelen om het evenwicht weer te herstellen. De schakeling moet gevoed worden uit symmetrische spanningen van +/-15 V. De twee eindtransistoren T3 en T4 moeten gemonteerd worden op kleine koelplaatjes en de Si-dioden D1 en D2 moeten in thermisch contact met deze koelplaatjes staan. Men kan deze onderdelen zo dicht mogelijk bij de koelplaatjes monteren en met een klodder warmtegeleidende pasta het thermisch contact tot stand brengen.

# Meettechniek

### Top-detector met geheugenfunctie

Vaak is het noodzakelijk de topwaarde van een signaalspanning over een lange tijd te meten. Men kan dan gebruik maken van de schakeling van figuur 3/8.10.12-22.

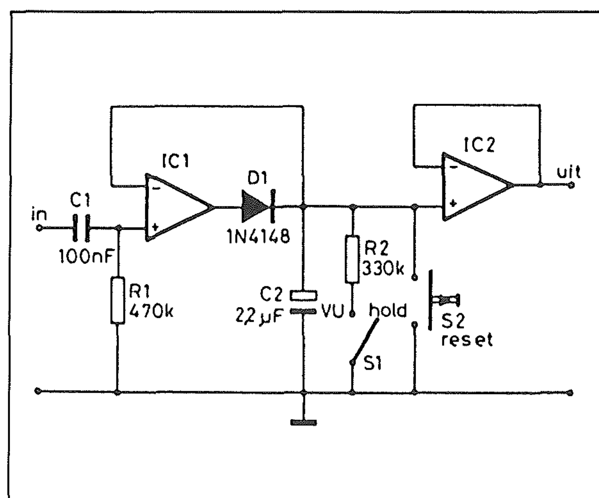



**Figuur 3/8.10.12-22:** Een top-detector met een geheugen dat de maximale negatieve waarde van de ingangsspanning bewaart.

De eerste operationele versterker werkt als top-detector voor negatieve spanningen. Als de ingangsspanning positief is zal de diode D1 gaan geleiden. De inverterende ingang van de op-amp wordt dan

kortgesloten met de uitgang van de op-amp. De diode zorgt ervoor dat de uitgangsspanning van de op-amp niet lager kan worden dan ongeveer -0,65 V. Als de ingangsspanning negatief wordt gaat de diode D1 sperren. De eerste op-amp werkt nu als inverterende versterker en de uitgang volgt het negatieve ingangssignaal, maar nu met positieve polariteit. De diode D2 gaat geleiden en de positieve uitgangsspanning van de eerste op-amp verschijnt over de condensator C1. Als de ingangsspanning gaat dalen, gaat de uitgang van de eerste op-amp deze spanningsdaling volgen.
Het gevolg is dat de diode D2 gaat sperren en de topspanning over de condensator C1 blijft staan. Deze spanning wordt gebufferd door de tweede operationele versterker. Deze heeft een zeer hoge ingangsimpedantie, zodat de condensator C1 niet kan ontladen en de topspanning van het ingangssignaal bewaart. Omdat de buffer een zeer lage uitgangsimpedantie heeft kan men de schakeling zonder problemen belasten met een meetapparaat, bijvoorbeeld een LED VU-meter. Als de negatieve waarde van de ingangsspanning later een grotere topwaarde bereikt gaat de diode D2 weer geleiden en de nieuwe waarde van de top wordt naar de condensator getransporteerd. De uitgangsspanning van de schakeling geeft dus steeds de grootste negatieve waarde van de ingangsspanning aan.
Door het even drukken op de schakelaar S1 wordt de condensator ontladen en wordt het geheel "gereset".

**VU- en "peak-hold"-meter**
Het principe van de vorige schakeling kan iets uitgebreid worden, waardoor een metertje ontstaat dat omschakelbaar is tussen normale VU-uitlezing en "peak-hold".
Het schema is getekend in figuur 3/8.10.12-23.

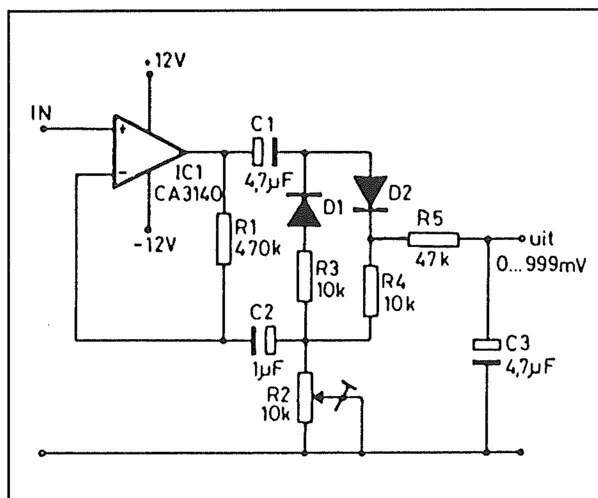



**Figuur 3/8.10.12-23:** Het schema van een eenvoudige VU- annex "peak-hold"-meter.

De eerste operationele versterker is geschakeld als top-detector voor positieve spanningen. De spanning over de condensator C2 zal de maximale positieve waarde van het ingangssignaal volgen. Als de schakelaar S1 gesloten wordt, zal de weerstand R2 over de condensator geschakeld worden. Deze weerstand zorgt ervoor dat de condensator met een bepaalde tijdconstante ontladen wordt. De meter werkt nu als typische VU-meter, die pieken in het ingangssignaal onmiddellijk volgt, maar nadien weer terug zakt tot de gemiddelde waarde van het signaal. Opent men echter de schakelaar, dan kan de condensator niet ontladen en werkt de schakeling volgens het systeem van figuur 3/8.10.12-22.
De tweede operationele versterker is uiteraard weer als buffer geschakeld, zodat de condensator niet belast kan worden door de meetschakeling.

## Gelijkrichter voor digitale paneelmeter

Digitale paneelmetertjes zijn tegenwoordig zeer goedkoop in de handel. Deze modulen meten echter alleen maar de waarde van gelijkspanningen. Ideaal voor gebruik bij een voeding, maar ongeschikt voor het meten van wisselspanningen.
Met één op-ampje kan men echter een tamelijk nauwkeurige meet-gelijkrichter samenstellen, die dergelijke paneelmetertjes geschikt maakt voor het meten van wisselspanningen.

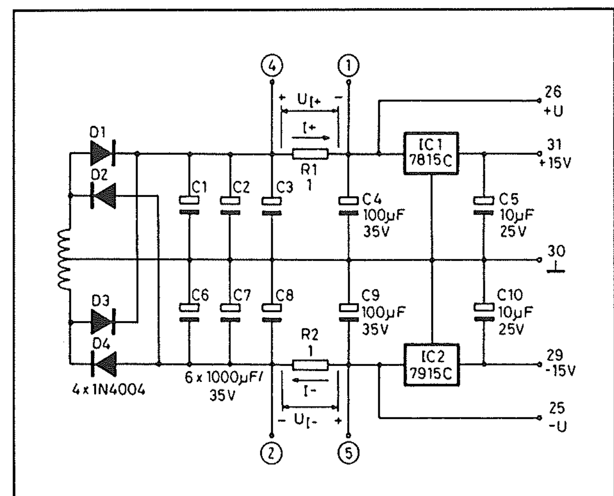



**Figuur 3/8.10.12-24:** Een eenvoudige gelijkrichter voor digitale paneelmeters.

De schakeling is getekend in figuur 3/8.10.12-24. De operationele versterker CA3140 is geschakeld als gemiddelde waarde gelijkrichter. Over de weerstand R4 staat een gelijkspanning, waarvan de grootte gelijk is aan de gemiddelde waarde van de wisselspanning aan de ingang. Deze gelijkspanning wordt gefilterd door het netwerkje R5/C3 en kan nadien aan de ingang van een paneelmeter worden aangeboden. De schakeling heeft een zeer hoge ingangsimpedantie, maar een bereik van slechts 1 V. Wil men hogere wisselspanningen meten, dan zal men aan de ingang een 1/9 verzwakker moeten aanbrengen. De schakeling kan afgeregeld worden met behulp van de instelpotentiometer R2. Leg aan de ingang een wisselspanning van 0,5 V en 1 kHz. Sluit de uitgang van de schakeling aan op de ingang van een digitale paneelmeter. Regel R2 nu af tot de meter "500" aanwijst.
Het frequentiebereik van de gelijkrichter is niet spectaculair, maar in ieder geval goed genoeg om te meten in het audiogebied.

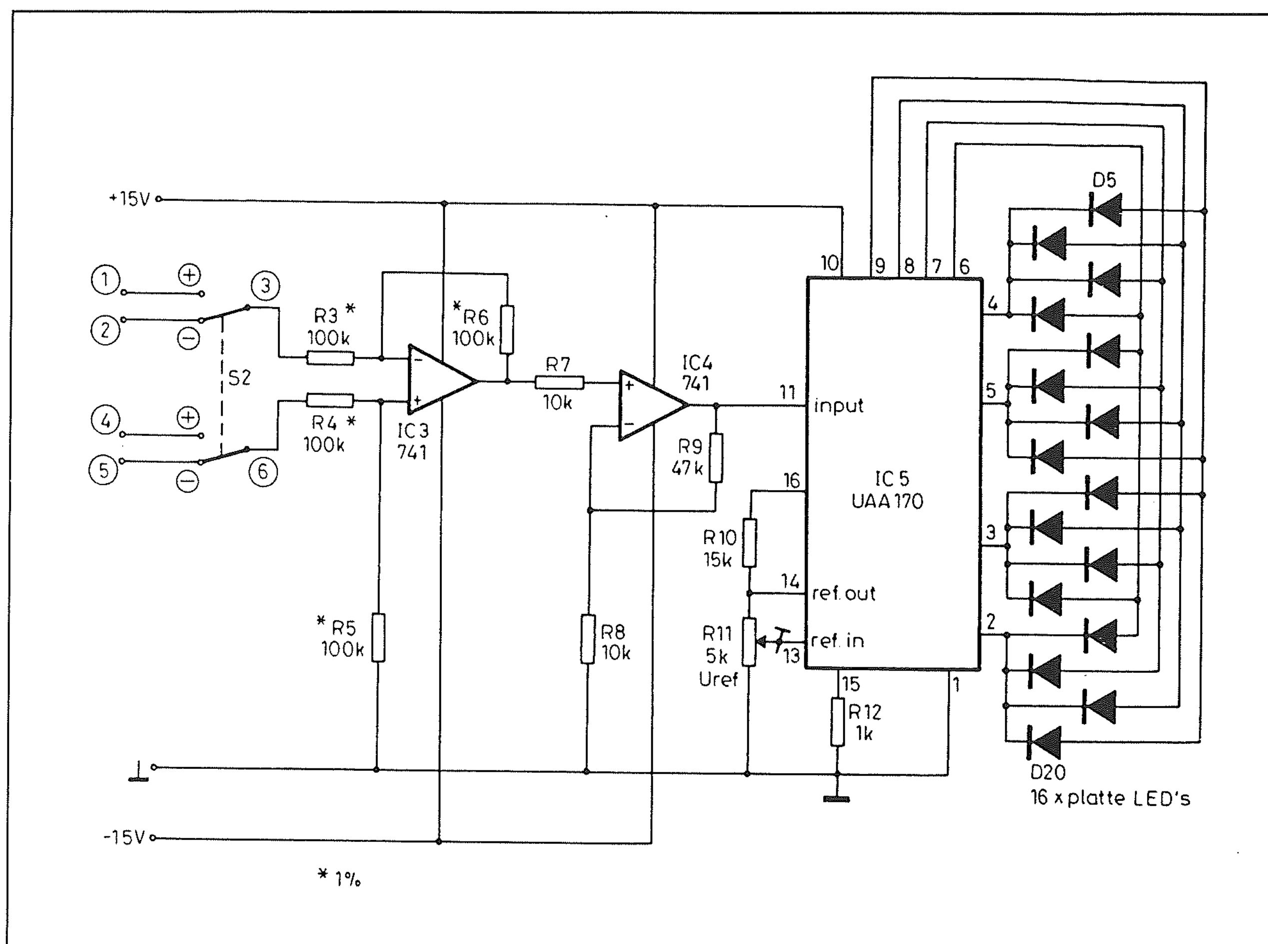
## Een LED-meter voor het meten van de voedingsstroom

Voedingen zijn een van de geliefde ontwerpen van hobby-isten. In de meeste gevallen zal men een digitaal paneelmetertje gebruiken voor het meten van de uitgangsspanning(en). Maar het is natuurlijk erg leuk als men ook een metertje inbouwt dat de uitgangsstroom van de voeding aangeeft. Het principe voor het meten van voedingsstromen is geschetst in figuur 3/8.10.12-25.




**Figuur 3/8.10.12-25:** Het principe voor het meten van de stroom die een voeding levert.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.12-26:** De schakeling voor het meten van de spanningsvallen over de weerstanden R1 en R2 uit figuur 3/8.10.12-25.

Men herkent het standaard schema van een ongestabiliseerde symmetrische voeding. Uit de ongestabiliseerde voedingen worden door middel van twee spanningsstabilisatoren hulpspanningen van +/-15 V afgeleid. Deze worden gebruikt voor het voeden van de schakeling van de stroommeter.

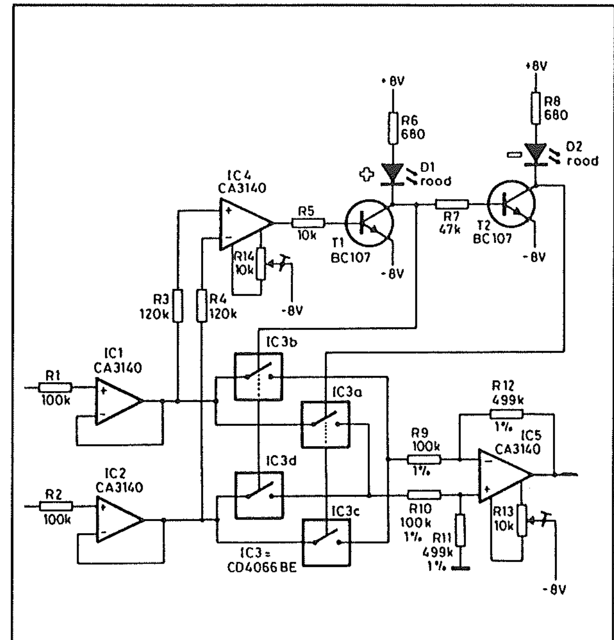
Tussen de afvlakcondensatoren en de ongestabiliseerde uitgangen +U en -U zijn twee kleine stroomsensor weerstanden R1 en R2 opgenomen. Uit de wet van Ohm volgt dat de spanningsvallen over deze weerstanden recht evenredig zijn met de stromen die door de weerstanden vloeien. Neemt men voor beide weerstanden een waarde van 1 Ω, dan zal een spanningsval van 0,56 V er op duiden dat er een stroom van 0,56 A door de voeding wordt geleverd.

Deze twee spanningsvallen worden nu toegevoerd aan de schakeling van figuur 3/8.10.12-26. Met de omschakelaar S2 kan men instellen of men de stroom wil meten die geleverd wordt door de positieve voeding of deze die uit de negatieve voeding stroomt.

Na de schakelaar staat een nauwkeurige verschilversterker, opgebouwd rond de operationele versterker IC3. Deze berekent het spanningsverschil tussen zijn niet-inverterende en zijn inverterende in-

gang en zet dit verschil op zijn uitgang. Het zal duidelijk zijn dat in beide standen van de schakelaar S2 het spanningsverschil of over de weerstand R1 of over de weerstand R2 van figuur 3/8.10.12-25 gemeten wordt! Dit spanningsverschil wordt nu versterkt door de schakeling rond operationele versterker IC4 en aan de ingang van een LED-schaal IC van het type UAA170 aangeboden. Dit IC is in staat 16 LED's aan te sturen, zodat men de stromen van de voeding met een redelijk grote nauwkeurigheid kan meten. Men zou bijvoorbeeld een schaal kunnen maken tot 1,6 A, zodat iedere LED staat voor 100 mA.
De schakeling kan worden afgeregeld met behulp van de instelpotentiometer R11. Dat gaat als volgt. Zet de schakelaar in de stand + en leg tussen de ingangen 1 en 4 een gelijkspanning van precies 1 V aan. Dit komt dus overeen met een gemeten stroom van 1 A. Verdraai nu de loper van de instelpotentiometer R11 tot de LED-schaal 1 A aanduidt.

**Automatische polariteitsomschakeling voor LED-schaal**
IC's waarmee men thermometerschalen kan samenstellen zijn zeer geliefd voor het meten van allerhande grootheden. Een nadeel van deze schakelingen is echter dat zij een unipolaire ingang hebben en meestal alleen geschikt zijn voor het meten van spanningen die positief zijn ten opzichte van de massa. Met de in figuur 3/8.10.12-27 getekende schakeling kan men zo'n LED-meter geschikt maken voor het automatisch meten van gelijkspanningen die zowel positief als negatief ten opzichte van de massa kunnen zijn. Bovendien worden twee extra LED's gestuurd, die de polariteit van de gemeten spanning aangegeven.



**Figuur 3/8.10.12-27:** Een automatische polariteitsomschakelaar voor LED-meters.

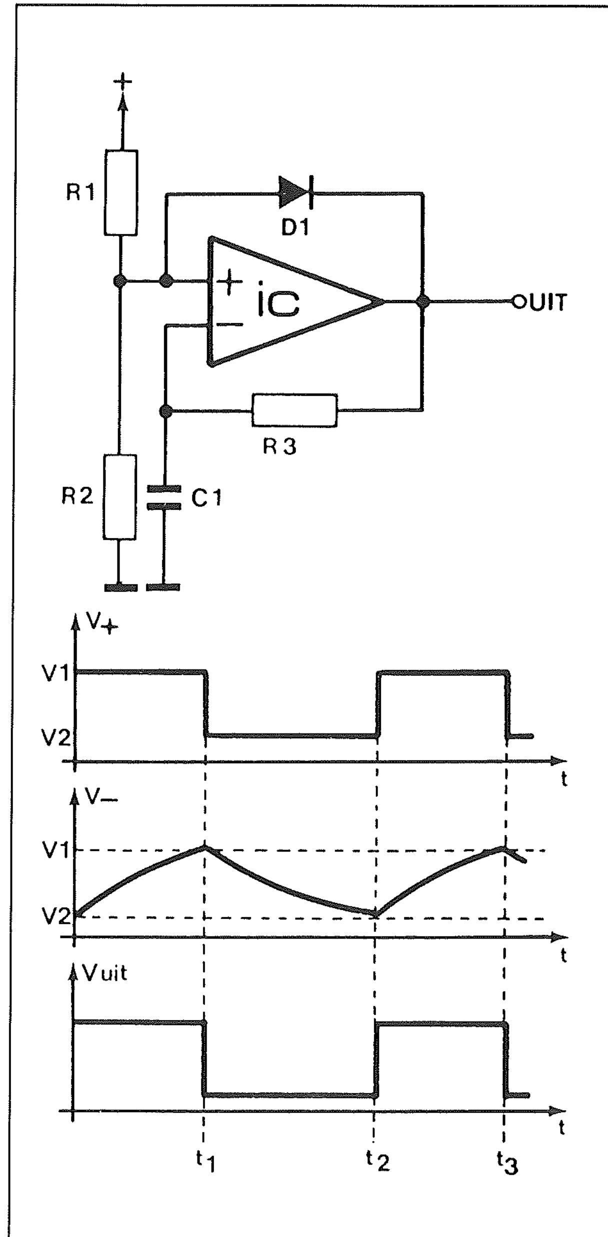
De te meten spanning wordt aangesloten tussen de twee ingangen van de schakeling. Beide ingangen worden onmiddellijk gebufferd door twee operationele versterkers. De ingangen zijn dus zeer hoogohmig. De twee uitgangen van de buffers gaan via de weerstanden R3 en R4 naar de twee ingangen van de operationele versterker IC4. Deze is als comparator geschakeld. Als de bovenste ingang positief is ten opzichte van de onderste, dan zal deze comparator een positief uitgangssignaal leveren. Dit signaal stuurt via de transistor T1 de LED D1 aan. Deze LED geeft dus aan dat de bovenste ingangsklem (bijvoorbeeld rood) positief is ten opzichte van de onderste ingangsklem (bijvoorbeeld zwart).
Meet men een negatieve spanning op de rode klem ten opzichte van de zwarte, dan zal de uitgang van de comparator negatief worden. Transistor T1 gaat nu sperren, met als gevolg dat T2 in geleiding ge-

stuurd wordt. De LED D2 gaat nu branden en dat is dus de indicator die aangeeft dat de rode ingang op een negatieve spanning staat ten opzichte van de zwarte ingang.
De collectorspanningen van beide transistoren sturen een elektronische omschakelaar, samengesteld uit de vier schakelaars die in een CD4066BE zitten. Deze omschakelaar zorgt ervoor dat beide ingangsspanningen steeds met dezelfde polariteit worden aangeboden aan de ingangen van de verschilversterker rond IC5. Dit IC berekent de verschilspanning en biedt dit verschil steeds positief ten opzichte van de massa aan op zijn uitgang. Men kan dus de ingang van een stuur-IC voor LED-uitlezing verbinden met de uitgang van de verschilversterker. Dit IC wordt, dank zij de automatische elektronische omschakeling, steeds gestuurd met een positieve spanning ten opzichte van de massa.
Omdat de CD4066BE een maximale voedingsspanning van 18 V heeft, wordt de gehele schakeling gevoed uit symmetrische voedingsspanningen van +/-8 V. De offsets van de operationele versterkers IC4 en IC5 moeten zorgvuldig gecompenseerd worden met de instelpotentiometers R13 en R14.

# Digitale elektronica

## Op-amp als pulsgever

Pulsgevers worden in de digitale elektronica vaak gebruikt. In de meeste gevallen gebruikt men daarvoor een poort met Schmitt-trigger werking, zoals de 7413. Men kan ook een operationele versterker gebruiken, in de veronderstelling althans dat de noodzakelijke frequentie niet hoger is dan enige tientallen kHz.



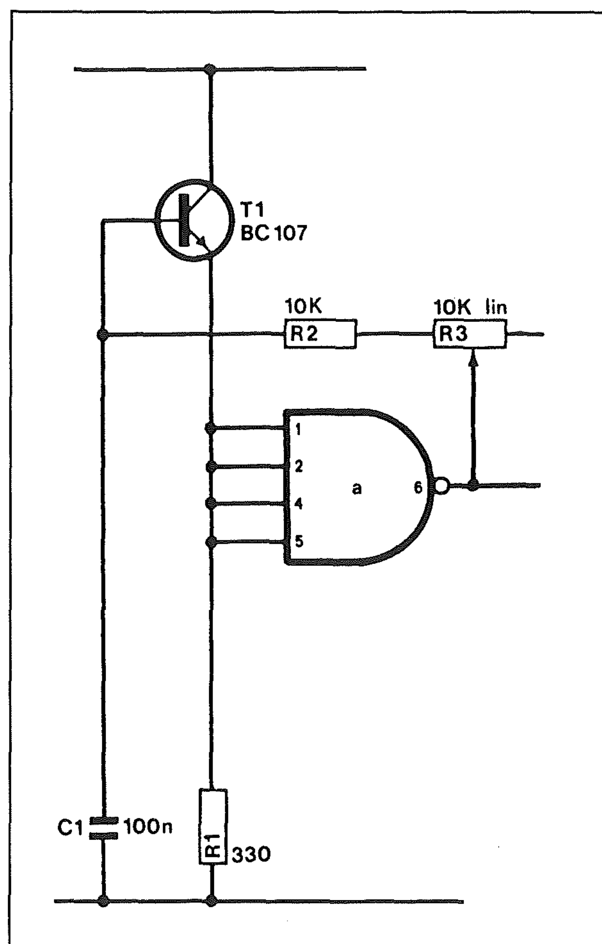

**Figuur 3/8.10.12-28:** Een operationele versterker gebruikt in een digitaal systeem als pulsgenerator.

Het schema is getekend in figuur 3/8.10.12-28. De op-amp van het type CA3140 wordt gevoed tussen de massa en de +5 V. Een 741 is niet bruikbaar, want dit IC kan zijn uitgang niet tot onder de +0,4 V sturen. En dat is wél noodzakelijk

in TTL-elektronica! De niet-inverterende ingang wordt door middel van de spanningsdeler R1/R2 ingesteld op een positieve spanning. Bij het inschakelen van de voedingsspanning is de condensator C1 ontladen. De spanning op de inverterende ingang is dus lager dan deze op de niet-inverterende ingang, de uitgang van de schakeling is "H". De condensator gaat nu via de terugkoppelweerstand R3 opladen uit deze spanning. Op een bepaald moment $t_1$ wordt de spanning op de inverterende ingang gelijk aan de spanning op de niet-inverterende ingang. De schakeling klapt om en de uitgang gaat naar "L". De diode D1 gaat geleiden en sluit de inverterende ingang kort naar de uitgang. Het gevolg is dat de spanning op deze ingang terug valt op ongeveer +0,7 V. De spanning op de inverterende ingang is nu zeker hoger dan deze op de niet-inverterende ingang en de uitgang blijft "L". De condensator C1 gaat nu via R3 ontladen. Op moment $t_2$ wordt de spanning op de inverterende ingang lager dan deze op de niet-inverterende ingang. De schakeling klapt naar de beginstand, dus uitgang "H". De diode D1 gaat sperren en de niet-inverterende ingang wordt weer ingesteld op een positieve spanning. De condensator kan weer gaan laden.
De frequentie van de schakeling wordt bepaald door de onderdelen C1 en R3.

### Verbeterde oscillatorschakeling voor de 7413 Schmitt-trigger

De 7413 is een ideale schakeling voor het samenstellen van blokgolfoscillatoren. De vier ingangen worden parallel geschakeld. Een condensator van deze ingangen naar de massa en een weerstand naar de uitgang en klaar is Kees! Het nadeel is echter dat die weerstand niet groter mag zijn dan 330 Ω. Lage frequenties vereisen dus een zeer grote condensator. Met het schemaatje van figuur 3/8.10.12-29 kan dit probleem opgelost worden.

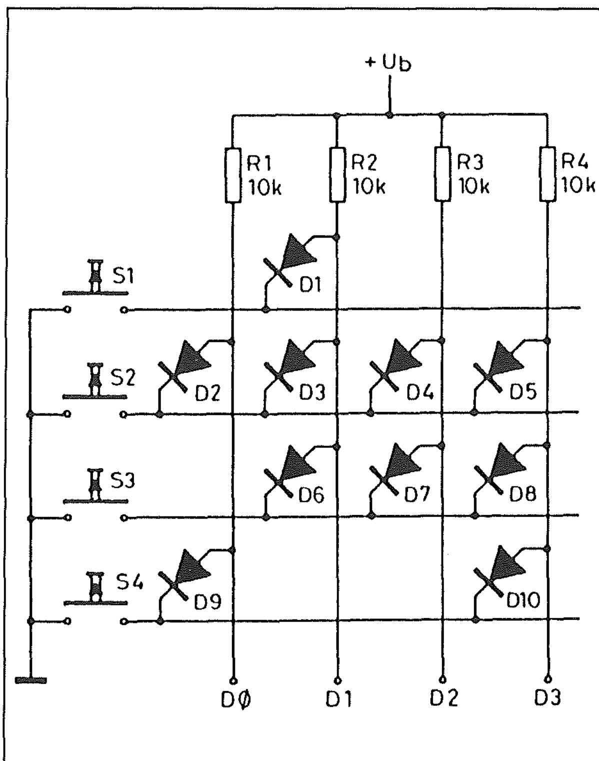



**Figuur 3/8.10.12-29:** Een verbeterde oscillatorschakeling voor de 7413.

Tussen de uitgang van de 7413 en zijn ingangen is nu een emittervolger opgenomen. Deze heeft een emitterweerstand van 330 Ω. De ingangen van de poort gaan naar deze weerstand, zodat in ieder geval aan de voorwaarde van maximale weerstand voor TTL voldaan wordt. Het frequentiebepalend netwerkje gaat naar de basis van de emittervolger. Het is nu zonder meer mogelijk de weerstand te verhogen tot meer dan 1 MΩ, waardoor de

condensator een kleine waarde kan hebben. Op deze manier kan men de schakeling frequenties in het Hz-bereik laten genereren met relatief lage condensatorwaarden.

**Codes instellen met diode-matrixen**
In digitale schakelingen heeft men vaak bepaalde code-combinaties nodig. Een voorbeeld. In een schakeling zitten vier poorten, die gestuurd worden door de signalen D0, D1, D2 en D3. Deze poorten koppelen bepaalde signalen door naar blokken van de schakeling. Onder de ene voorwaarde moet een bepaalde poortcombinatie geopend worden. Onder een andere voorwaarde moet een heel andere poortcombinatie actief worden. Het genereren van de stuursignalen D is een vrij ingewikkelde klus, waarvoor een heleboel poorten ingezet moeten worden.




**Figuur 3/8.10.12-30:** Een eenvoudige diode-matrix voor het genereren van codes.

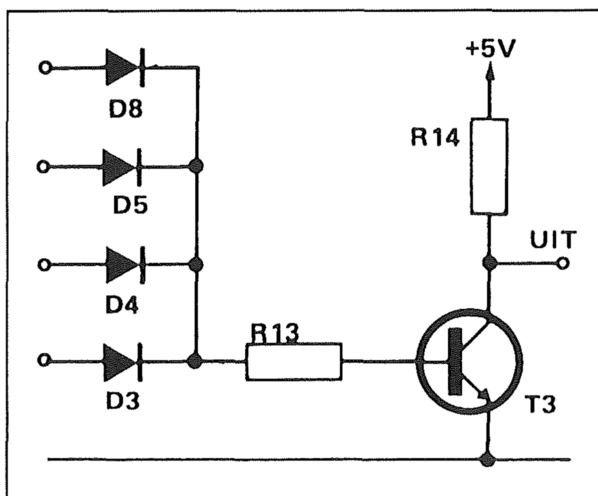
Een moderne professionele ontwerper zou zelfs denken aan het inschakelen van een eenvoudig PAL'letje. Maar het kan veel eenvoudiger!

In figuur 3/8.10.12-30 is een diode-matrix getekend. Deze bestaat uit een aantal horizontale lijnen (de voorwaarden) en een aantal vertikale lijnen (de gevolgen). In het voorbeeld worden de voorwaarden symbolisch gestuurd met drukschakelaars. In de praktijk zal men daarvoor uiteraard transistoren of poorten gebruiken. De vertikale lijnen zijn via weerstanden verbonden met de +5 V voeding. Voor iedere voorwaarde kan men nu gevolgen instellen door op de snijpunten van de ene voorwaarde-lijn en alle gevolgenlijnen dioden op te nemen.
Als alle schakelaars open staan, staan alle gevolgen-lijnen op "H". Drukt men de schakelaar S1 in, dan zal de diode D1 gaan geleiden en wordt de gevolgen-lijn D1 naar "L" getrokken. De overige gevolgenlijnen blijven op "H" staan. De schakeling wekt dan de code:
D0 = "H";
D1 = "L";
D2 = "H";
D3 = "H";
op.
Drukt men echter de schakelaar S2 in, dan gaan de dioden D2, D3, D4 en D5 geleiden en worden alle gevolgen-lijnen naar "L" getrokken.
Op deze heel erg eenvoudige manier kan men dus vaste code-combinaties genereren.
Let er echter wel op dat de "L" bij dit systeem ongeveer gelijk is aan +0,7 V! Dit is te hoog om zonder meer door TTL-IC's verwerkt te kunnen worden. CMOS-IC's, echter, zullen dit niveau zonder enig probleem als "L" accepteren.

*(wordt vervolgd)*

## Dioden als poort

Bij het ontwerpen van schakelingen heeft men vaak behoefte aan eenvoudige poortfuncties. Een voorbeeld is bijvoorbeeld een alarmschakeling, waar het alarm af moet gaan als aan een aantal voorwaarden wordt voldaan. Men kan deze poortfuncties natuurlijk realiseren met standaard IC's uit de 74- of 40-families. Minder bekend is echter dat dit in een aantal gevallen net zo goed gaat met dioden. In figuur 3/8.10.12-31 is als voorbeeld een NOR-poort getekend met vier ingangen.




**Figuur 3/8.10.12-31:** Een voorbeeld van een diodepoort, in dit geval een NOR met vier ingangen.

De vier dioden D3, D4, D5 en D8 gaan via de weerstand R13 naar de basis van de transistor T3. De anoden moeten verbonden worden met digitale signalen, bijvoorbeeld de uitgangen van TTL- of MOS-poorten. Als alle signalen "L" zijn, zullen de dioden sperren. Ook de transistor staat in sper en de uitgang van de schakeling is "H". Als minstens één van de ingangssignalen "H" wordt, gaat de bijbehorende diode geleiden. De transistor wordt in verzadiging gestuurd en de uitgang gaat naar "L".

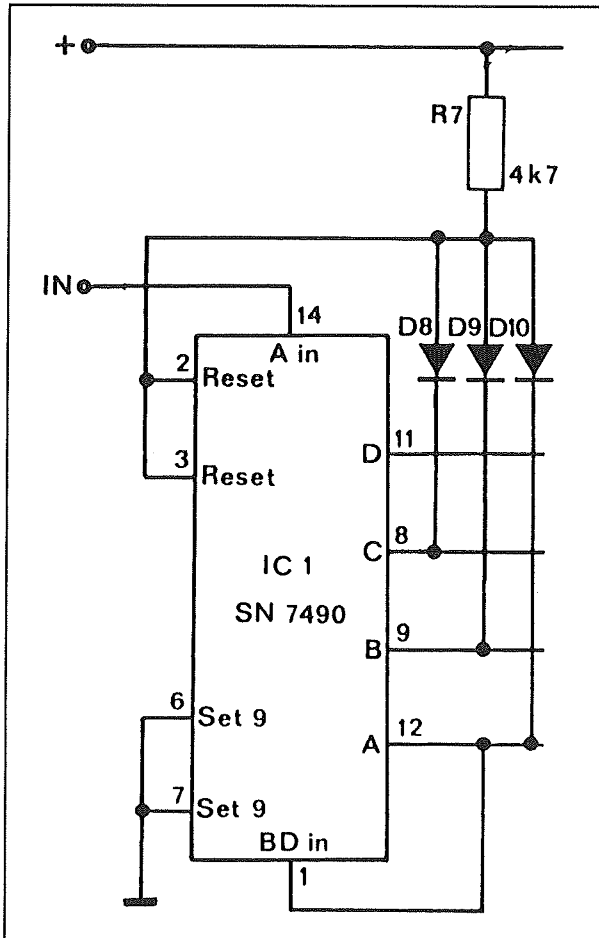
De vier dioden zorgen voor een ideale scheiding tussen de vier ingangssignalen. Tussen twee ingangen staan immers twee dioden in anti-serie geschakeld en er kan dus nooit een stroom vloeien van de ene naar de andere ingang. Het voordeel van dit systeem is dat men vaak in een hoekje van een print veel eenvoudiger enige dioden, een transistor en twee weerstanden kan onderbrengen dat een heus IC, met zijn starre penstructuur.

## Dioden als teller-reset

Tien- of zestientellers zijn eenvoudige schakelingen, die iedere doe-het-zelver zonder problemen zélf kan toepassen in allerlei telschakelingen. Maar vaak moet zo'n teller gereset worden alvorens de volledige telcyclus doorlopen is. Als men bijvoorbeeld een tienteller zoals de 7490 gebruikt in een digitale klok, dan zal men er voor moeten zorgen dat de teller die de dagen telt niet tot tien telt, maar tot zeven. Officieel worden daarvoor mooie poortschakelingen voorgeschreven, maar deze hebben als nadeel dat het vaak zeer moeilijk wordt de schakeling om te zetten in een printontwerp.
Ook hier kunnen dioden een eenvoudig en handig alternatief bieden! Als voorbeeld wordt in figuur 3/8.10.12-32 de reeds aangehaalde zeventeller beschreven.

De A-, B- en C-uitgangen van de tienteller worden via de dioden D8, D9 en D10 verbonden met de twee reset's van de 7490. Deze ingang gaat bovendien via de weerstand R7 naar de voeding. Als de teller op nul staat, zijn de drie genoemde uitgangen "L". De drie dioden gaan geleiden en de onderste aansluiting van de weerstand wordt via de geleidende dioden naar "L" getrokken.

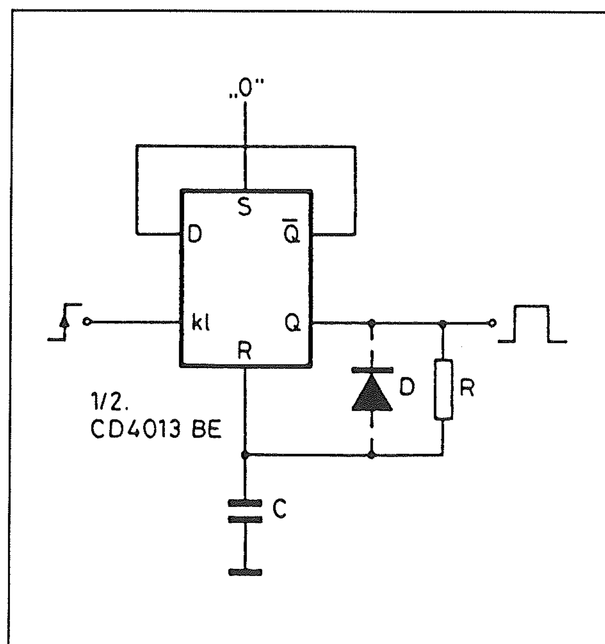
**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.12-32:** Een tienteller wordt door middel van enige dioden omgevormd in een zeventeller.

De reset is dus "L" en de teller kan tellen. In de telstanden 1 tot en met 6 zal steeds minstens één van de uitgangen A, B en C "L" zijn. Het gevolg is dat minstens één van de dioden blijft geleiden en de reset's dus op "L" worden gehouden. Bij de achtste ingangspuls springt de teller naar de zevende telstand. Op dat moment worden de uitgangen A, B en C alle drie "H". De drie dioden gaan nu sperren, met als gevolg dat er geen stroom door de weerstand R7 kan afvloeien naar de massa. De onderste aansluiting van de weerstand wordt verbonden met de voedingsspanning, de reset's gaan naar "H" en de 7490 reset. Alle uitgangen worden "L", een volgende telcyclus kan starten.

Op deze manier kan men dus een tienteller ombouwen tot een zeventeller. Op dezelfde eenvoudige manier is het mogelijk twee tientellers om te vormen tot 12-, 24- of 60-tellers. Met enig gepuzzel is het mogelijk vrijwel iedere telstand te bevorderen tot reset. Men moet steeds een combinatie van uitgangssignalen zoeken, waar in de gewenste telstand een unieke toestand van uitsluitend "H"-en voorkomt. Deze uitgangen verbindt men via dioden met de gemeenschappelijke reset-lijn van de tellers en via een weerstand met de voedingsspanning.




**Figuur 3/8.10.12-33:** Een type-D flip-flop kan ook als monostabiele multivibrator gebruikt worden.

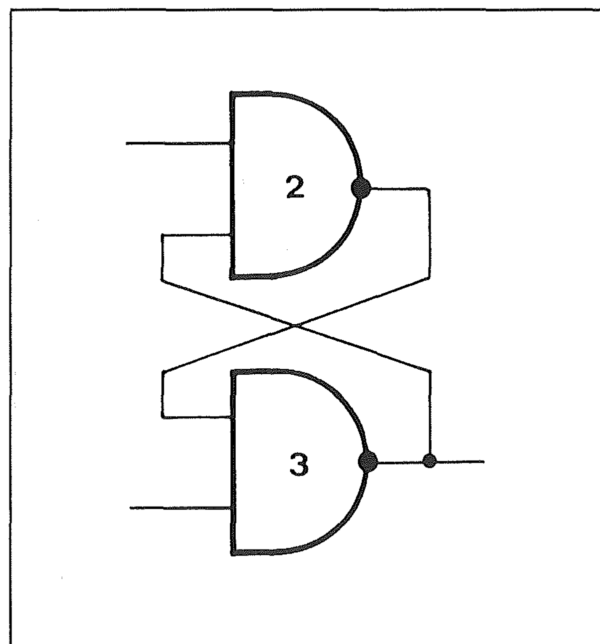
## Een type-D flip-flop als monostabiele multivibrator

Standaardisatie van onderdelen is voor iedere ontwerper een belangrijk streven, zeker in digitale schakelingen. Standaar-

diseert men niet, dan is de kans groot dat men voor een bepaald ontwerp tien IC's nodig heeft, die maar voor de helft gebruikt worden. Na enig nadenken komt men echter tot de conclusie dat digitale schakelingen ook andere dingen kunnen dan die waarvoor zij ontworpen zijn.

Een typisch voorbeeld van dergelijk oneigenlijk gebruik is getekend in figuur 3/8.10.12-33. In deze schakeling wordt een type-D flip-flop, de 4013, gebruikt als monostabiele multivibrator. Een schakeling dus, die één puls met een welbepaalde breedte genereert als er een triggerpuls op de ingang wordt ontvangen.
In de ruststand is de Q-uitgang van de flip-flop "L". Dat kan niet anders, want deze uitgang is via de weerstand R teruggekoppeld naar de reset. Zou de Q bij het inschakelen van de voeding "H" worden, dan zou dit signaal via de weerstand R op de reset komen en de schakeling zou automatisch resetten.
Het gevolg is dat de $\overline{Q}$-uitgang "H" is. Deze uitgang is rechtstreeks doorgekoppeld naar de D-ingang. De werking van een type-D flip-flop kan als volgt worden samengevat. De Q-uitgang neemt het signaal van de D-ingang over, op het moment dat er aan de CL-ingang een positieve puls wordt aangelegd. Als dus op deze klok een smalle positieve puls verschijnt zal de Q-uitgang onmiddellijk "H" worden. Er gaat nu stroom door de weerstand R vloeien, waardoor de condensator C wordt opgeladen. Na een bepaalde tijd is de spanning over de condensator en dus op de reset gestegen tot "H". De flip-flop reset, waardoor de Q-uitgang weer naar "L" gaat. Conclusie: een positieve flank op de CL wekt een eenmalige positieve puls op de Q op. Het typisch gedrag van een monostabiele multivibrator! De breedte van de uitgangspuls is uiteraard afhankelijk van de snelheid waarmee de condensator oplaadt tot "H". Het zal duidelijk zijn dat deze tijd afhankelijk is van de waarde van de onderdelen C en R. Hoe groter deze componenten zijn, hoe breder de uitgangspuls. De diode D kan worden toegevoegd om de reactietijd van de schakeling te verbeteren. Deze diode zorgt ervoor dat de condensator onmiddellijk wordt ontladen als de Q weer naar "L" gaat. De schakeling is dan zeer snel in staat om weer op een nieuwe positieve flank op de CL te reageren.

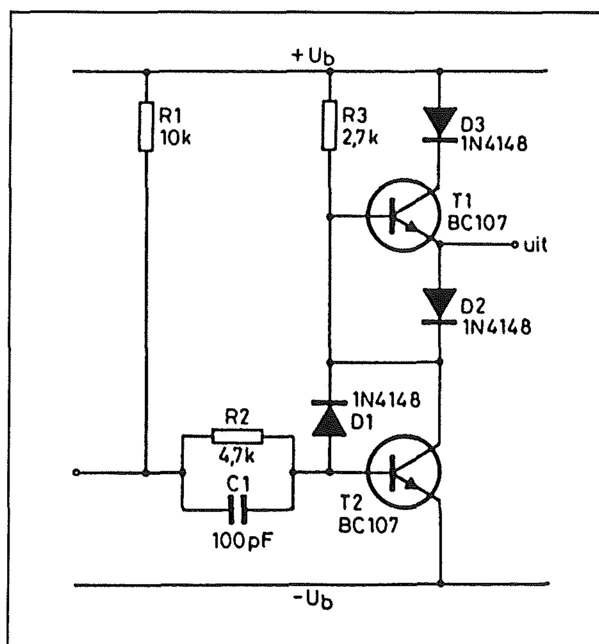
**NAND-poorten als flip-flop**
Ook poorten kunnen voor andere zaken ingeschakeld worden dan typische poortfuncties. Zo kan men twee NAND-poorten bevorderen tot een set-reset flip-flop. Handig als men z'n schakeling nodig heeft en in een 7400 nog twee niet gebruikte poorten zitten!




**Figuur 3/8.10.12-34:** Twee NAND-poorten kunnen omgevormd worden tot een set-reset flip-flop.

Het schema is getekend in figuur 3/8.10.12-34. Twee ingangen van de poorten zijn kruiselings gekoppeld met de uitgangen. De twee vrije ingangen vormen de set en de reset van de flip-flop. In rust staan deze ingangen op "H". De toestand op de uitgangen wordt dan door toevallige omstandigheden bepaald, maar is wél stabiel. Stel dat de uitgang van de bovenste flip-flop "H" is. De onderste poort wordt dan gestuurd door twee "H"-en en de uitgang is "L". Deze uitgang wordt teruggekoppeld naar de bovenste poort, de uitgang van deze poort kan dus inderdaad niets anders dan "H" zijn, zoals vooropgesteld. De beschreven toestand is stabiel, omdat beide poorten elkaars uitgangen in stand houden.
Het zou evenwel ook mogelijk zijn dat bij het inschakelen van de voeding de bovenste poort naar "L" schakelt en de onderste naar "H"!
Stel nu dat men op de vrije ingang van de onderste poort een smalle "L" aanlegt. Het gevolg is dat de uitgang van deze poort naar "H" schakelt. Deze "H" wordt doorgekoppeld naar de bovenste poort, die dan twee hoge ingangen krijgt. De uitgang gaat naar "L". Dit signaal wordt teruggekoppeld naar de onderste poort. Deze terugkoppeling heeft tot gevolg dat de uitgang van de onderste poort "H" blijft, zelfs als de smalle ingangspuls weg valt. Door dus een smalle "L"-puls op een van de vrije ingangen te zetten, schakelt de flip-flop naar de andere stabiele toestand. Dat is het typisch gedrag van een set-reset flip-flop!

**Digitale uitgangsbuffer**
TTL- en MOS-schakelingen zijn niet bepaald helden wat betreft uitgangsbelasting. De uitgangen van deze IC's zijn nogal gevoelig voor capacitieve belastingen. Zelfs een zeer geringe capacitieve belasting kan de stijg- en daaltijden van de pulsen al behoorlijk aantasten. Wie de uitgang van een dergelijke schakeling wil gebruiken als universele pulsgenerator om andere schakelingen te testen, doet er verstandig aan een digitaal buffertrapje tussen te schakelen.
Daardoor kan men het signaal veel zwaarder belasten zonder dat problemen ontstaan met in elkaar zakkende stijgtijden.



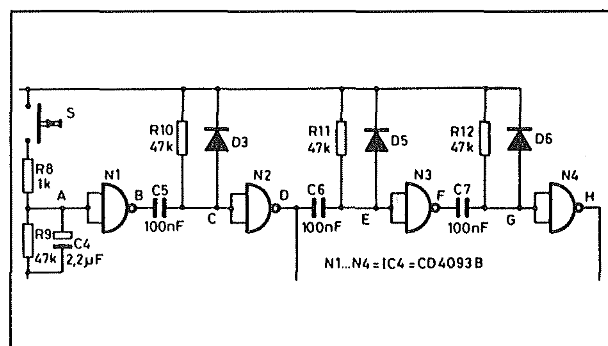
**Figuur 3/8.10.12-35:** Een universeel bruikbare digitale buffer voor het afsluiten van TTL-schakelingen.

De schakeling van een dergelijke buffer is getekend in figuur 3/8.10.12-35. De ingang kan aangesloten worden op de uitgang van gelijk welk TTL-IC. De schakeling vormt in feite niets anders dan een elektronische omschakelaar, die de uitgang omschakelt tussen de voeding +Ub of de massa -Ub. Als de ingang open is, of verbonden met een "H"-signaal, dan zal transistor T2 geleiden. Er vloeit dan im-

mers een stroom door de weerstanden R1 en R2 die de genoemde transistor in geleiding stuurt. De uitgang van de schakeling wordt via de diode D2 naar de massa getrokken en is dus "L". De bovenste transistor T1 kan niet geleiden omdat de basis op een lagere spanning staat dan de emitter. Daarvoor zorgt de diode D2, die met zijn anode aan de emitter ligt en met zijn katode aan de basis. De stroom die door de weerstand R3 uit de voeding wordt getrokken vloeit via de geleidende T2 af naar de massa.
Wordt de ingang verbonden met een "L", dan zal transistor T2 sperren. De stroom die door R3 uit de voeding wordt getrokken kan nu alleen via de basis en de emitter van T1 verder vloeien, zodat deze transistor in geleiding wordt gestuurd. De uitgang wordt nu via deze transistor en de diode D3 met de voeding verbonden en wordt "H".
In beide situaties is de impedantie van de uitgang zeer laag. De geleidende paden (D2/T2 in het ene geval, D3/T1 in het andere geval) zijn immers zeer laagohmig. Het is deze eigenschap die verantwoordelijk is voor de uitstekende belastbaarheid van de digitale buffer.
De schakeling heeft nog een andere uitstekende eigenschap: kleine stijg- en daaltijden. Dit wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van de condensator C1 en de diode D1. De condensator vormt een kortsluiting voor de snelle voorflank van het ingangssignaal. Daardoor wordt de transistor T2 snel in geleiding gestuurd. De diode D1 zorgt ervoor dat T2 nooit in "oververzadiging" kan worden gestuurd. Het teveel aan basisstroom vloeit via deze diode en de lage collector/emitter impedantie af naar de massa. Het gevolg is dat de transistor T2 ook snel van geleiding naar sper kan schakelen, omdat de basis niet is oververzadigd met positieve ladingsdragers.

**Sequentiële pulsgenerator**

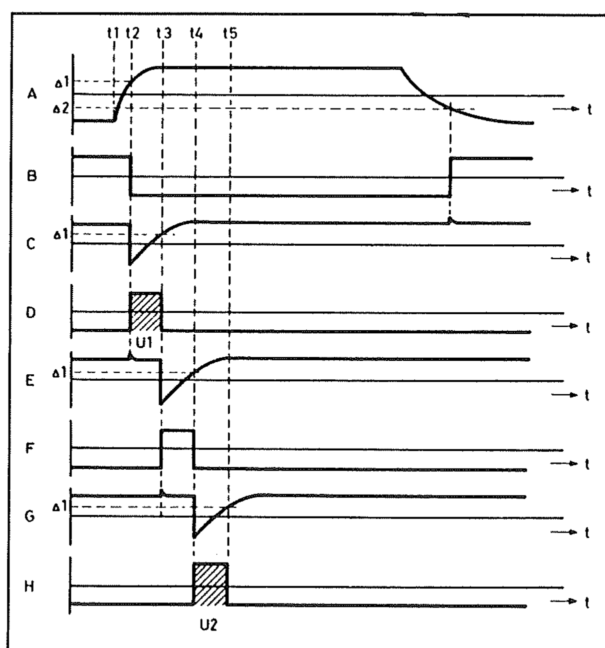
Vaak heeft men in de digitale techniek zogenoemde sequentiële pulsen nodig. Dat zijn pulsen, die ten opzichte van elkaar in de tijd verschoven zijn en elkaar absoluut niet overlappen. Een typisch voorbeeld waarbij men dergelijke pulsen nodig heeft is een digitale frequentiemeter. Na de telcyclus, die precies één seconde duurt, moet er een aantal acties ondernomen worden die ieder door een eigen puls bestuurd moeten worden. Zo moet de inhoud van de teller worden overgenomen in het bufferregister, het bufferregister weer gesloten, de inhoud van het register naar het display gestuurd en tot slot de teller gereset.
Voor het genereren van dergelijke sequentiële pulsen bestaan speciale IC's. Ook kan men door middel van tamelijk ingewikkelde poortschakelingen de sequentiële pulsen afleiden uit de uitgangen van bijvoorbeeld een 16-teller.




**Figuur 3/8.10.12-36:** De schakeling van een sequentiële pulsgever.

Het kan echter ook eenvoudiger! In figuur 3/8.10.12-36 is het schema getekend van een sequentiële pulsgenerator, die op commando van een ingangspuls (voorge-

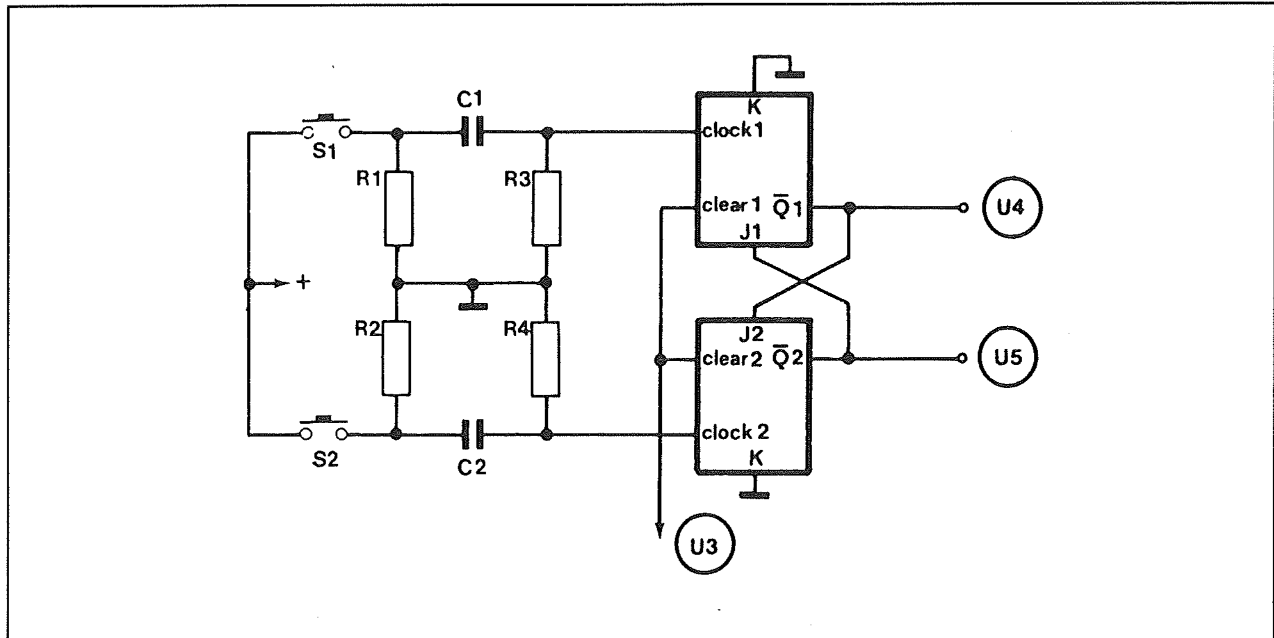
steld door een schakelaar S) twee positieve sequentiële pulsen genereert. Voor iedere puls zijn twee Schmitt-trigger poorten noodzakelijk. In dit voorbeeld wordt gebruik gemaakt van de vier poorten uit het CMOS-IC 4093. Het systeem kan op een heel eenvoudige manier uitgebreid worden als men meer dan twee sequentiële pulsen nodig heeft. Het volstaat identieke schakelingen achter het getekende schema te schakelen.




**Figuur 3/8.10.12-37:** De werking van de sequentiële pulsgenerator grafisch toegelicht.

De werking van de schakeling wordt toegelicht aan de hand van de grafieken in figuur 3/8.10.12-37. In rust staan de ingangen van de poorten N2, N3 en N4 op "H" via de weerstanden R10, R11 en R12. De uitgangen zijn dus "L". De ingang van de eerste poort ligt via de weerstand R9 aan de massa, zodat de uitgang "H" is. Op tijdstip t1 wordt even op de drukknop gedrukt. De condensator C4 wordt nu snel opgeladen tot de positieve voedingsspanning via de weerstand R8. Op tijdstip t2 is de spanning over de condensator C4 gestegen tot de drempel van de Schmitt-trigger. De eerste poort klapt om, de uitgang (B) wordt "L". De negatieve flank op (B) wordt door de condensator C5 ongehinderd doorgelaten (C). Het gevolg is dat de ingang van poort N2 "L" wordt en de uitgang (D) naar "H" gaat. De weerstand R10 zorgt ervoor dat de rechter plaat van de condensator weer positief wordt opgeladen. Op tijdstip t3 is de spanning groter dan de drempel van poort N2, de uitgang (D) gaat weer naar "L". Op (D) ontstaat dus een smalle positieve puls, de eerste sequentiële uitgangspuls van de schakeling.
De negatieve achterflank van deze puls wordt weer door de condensator C6 doorgekoppeld. De ingang van poort N3 gaat dus naar "L", met als gevolg dat de uitgang (F) "H" wordt. Op precies dezelfde manier als boven beschreven ontstaat er op de uitgang van poort N3 een smalle positieve puls. De schakeling rond poort N4 werkt ook op de beschreven manier, zodat op (H) weer een smalle positieve puls U2 ontstaat. Deze is echter, dat blijkt uit de grafieken, volledig in de tijd gescheiden van de eerste puls U1.
De pulsen U1 en U2 zijn dus volledig sequentieel en kunnen gebruikt worden om tijdsafhankelijke processen te besturen zonder dat er sprake kan zijn van onderlinge beïnvloeding.
Het zal nu ook wel duidelijk zijn dat het systeem in principe tot in het oneindige uitgebreid kan worden! Voor het genereren van vier sequentiële pulsen heeft men acht Schmitt-trigger poorten nodig, die op volledig identieke manier geschakeld moeten worden.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.12-38:** Een eenvoudige schakeling om twee signalen onderling te vergrendelen.

De breedte van de pulsen U1, U2, etc en hun onderlinge vertragingen zijn afhankelijk van de waarden van de condensatoren C5, C6, C7, etc.

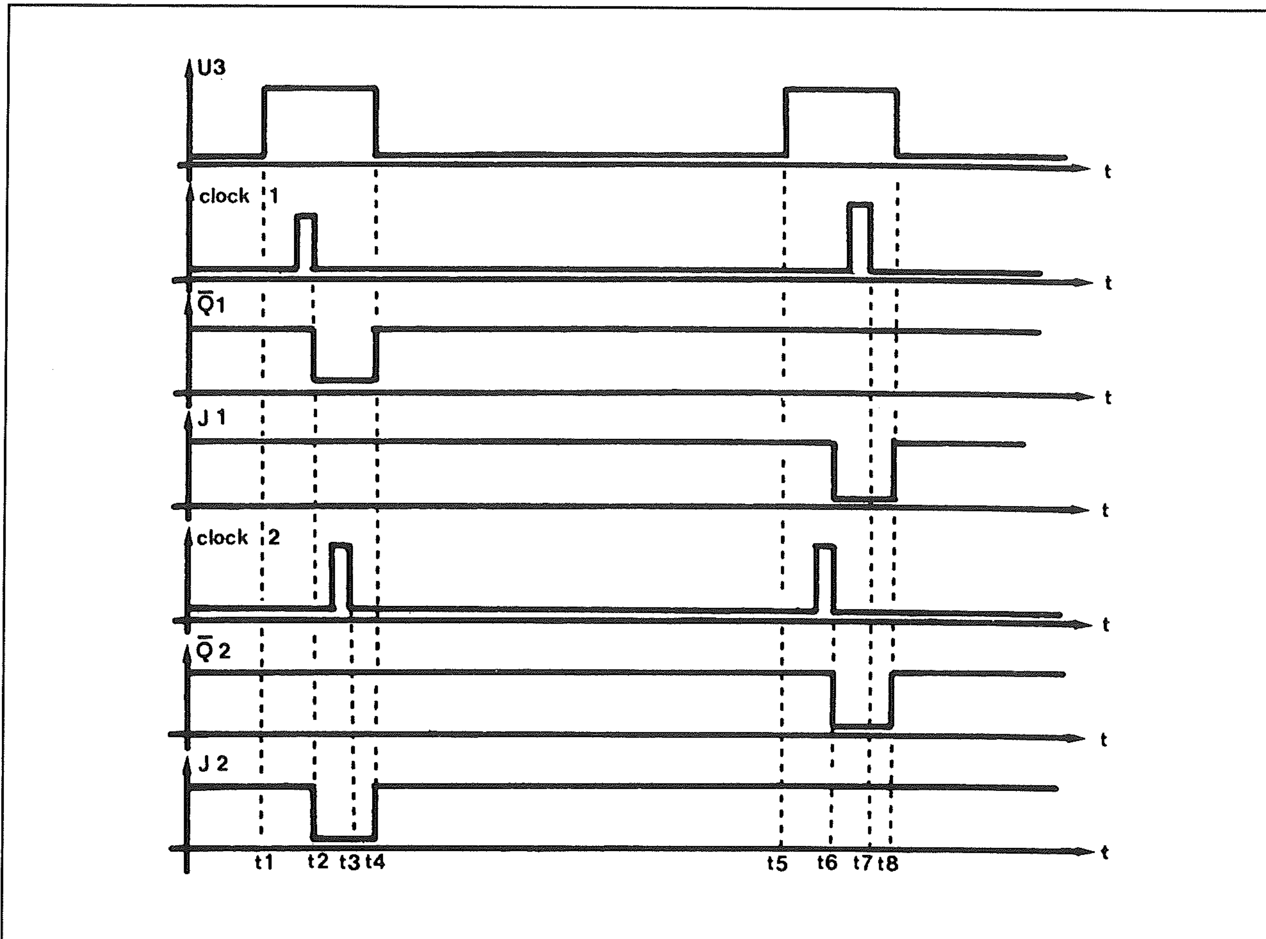
## Vergrendel schakeling

Tot slot van de digitale tips wordt een eenvoudig systeem beschreven om twee signalen onderling te vergrendelen. Het komt wel eens voor dat een proces geactiveerd moet worden door een van twee signalen, die op willekeurige tijdstippen kunnen ontstaan. Het signaal dat het eerste verschijnt mag het proces starten, het tweede signaal mag dat niet meer. De signalen moeten dus onderling vergrendeld worden. In de officiële elektronica bestaan daarvoor prachtige oplossingen, die echter als nadeel hebben dat zij vrij ingewikkeld zijn. Onder bepaalde voorwaarden kan het echter ook met slechts twee flip-flop's van het J/K-type.

Het schema is getekend in figuur 3/8.10.12-38, de werking wordt toegelicht aan de hand van de tijddiagrammen in figuur 3/8.10.12-39.

Alvorens de werking van de schakeling te beschrijven eerst in het kort enige zinnen over de werking van het type-J/K flip-flop. Een dergelijke schakeling heeft een clockingang, die onder bepaalde voorwaarden de flip-flop laat omslaan.
De gebruikte schakeling, een 7447, reageert op negatieve flanken van de clock. De genoemde "bepaalde voorwaarden" worden gevormd door de ingangen J en K. Als deze ingangen allebei "L" zijn, zal de schakeling niet reageren op de clockpulsen.
Tot slot is er nog een clear aanwezig, een ingang die de flip-flop reset als er een "L" wordt op aangelegd. De Q-uitgangen gaan dan naar "L".

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.12-39:** De werking van de schakeling van figuur 3/8.10.12-38 grafisch toegelicht.

Nu terug naar de schakeling!
Het signaal U3 wordt gebruikt om het vergrendelsysteem te activeren. Onder normale omstandigheden is dit signaal "L", zodat beide flip-flop's gereset zijn. De twee Q̄-uitgangen zijn dan "H". Deze uitgangen en de J-ingangen van beide flip-flop's zijn kruiselings gekoppeld. Beide J-ingangen zijn bijgevolg "H". Om de schakeling actief te maken moet het signaal U3 "H" worden. De schakeling is nu klaar om een van de twee ingangssignalen te verwerken. Deze ingangssignalen zijn smalle positieve pulsjes, die in het schema worden voorgesteld door de twee drukknoppen. Stel dat de schakelaar S1 als eerste wordt ingedrukt. De positieve voedingsspanning komt dan over de weerstand R1 te staan en zal nadien door C1/R3 gedifferentieerd worden. De clock van de bovenste flip-flop wordt even positief gestuurd, met als gevolg dat deze schakeling omklapt op tijdstip t2 (de achterflank van de puls). De uitgang Q̄ van deze flip-flop wordt dus "L". Het gevolg is dat de J-ingang van de onderste flip-flop ook "L" wordt. Zowel J als K van deze schakeling zijn nu echter "L". De onderste flip-flop zal dus niet reageren op een eventueel verschijnende clock-puls. Als dus, even later op t3, het tweede ingangssignaal verschijnt, zal dit geen enkel effect op de schakeling hebben. De schakeling reageert dus alleen op de eerst verschijnende

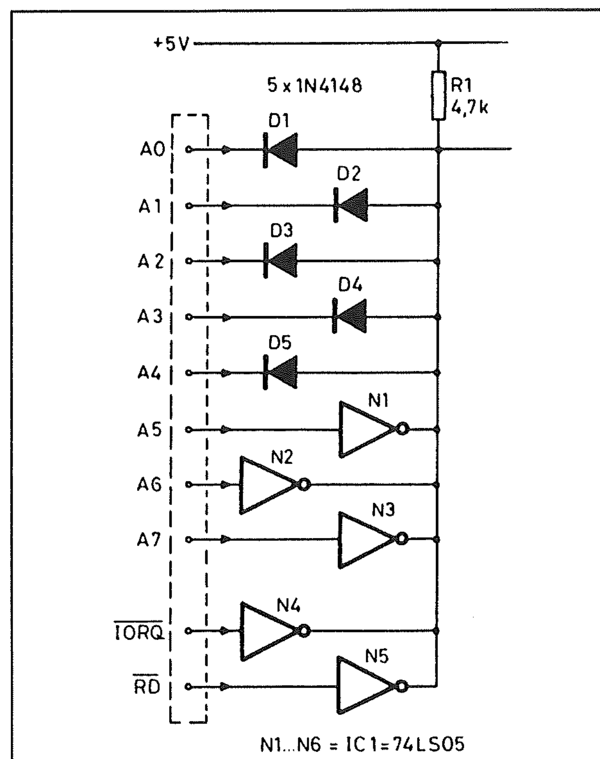
puls van S1 en niet op de later verschijnende puls van S2.
In de rechter grafieken is getekend wat er gebeurt als niet S1, maar S2 als eerste wordt ingedrukt. Nu zal de onderste flipflop omklappen ($\overline{Q2}$ wordt "L") en de bovenste in rust blijven.
Het systeem werkt dus inderdaad als vergrendelaar, die alleen reageert op het eerst binnenkomende signaal en het later komende ingangssignaal negeert. Een leuk idee voor het bouwen van een schakelingetje, dat de reactiesnelheid van personen meet!

# Computers

### Adresselectie met dioden

Wie perifere schakelingen voor computers bouwt, kan niet zonder schakelingen die adressen kunnen selecteren. Iedere perifere schakeling wordt immers door de processor aangesproken doordat er een bepaald I/O-adres op de adresbus wordt gezet. De perifere schakeling moet dit adres herkennen en de door de processor vereiste actie ondernemen. Dioden kunnen hierbij een belangrijke rol spelen, zoals blijkt uit het voorbeeld van figuur 3/8.10.12-40.

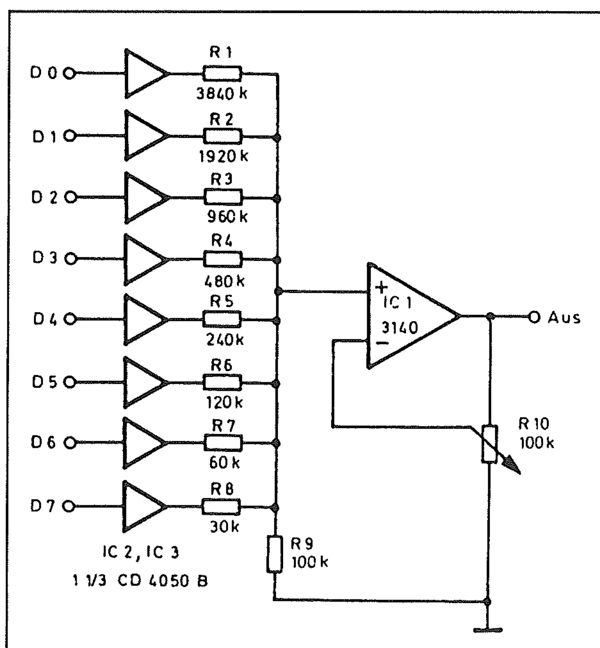
In dit geval wordt het adres "H-H-H-H-H-L-L-L", dat op de eerste acht adreslijnen staat, gedecodeerd. De adreslijnen die "H" zijn bij het te decoderen adres worden simpelweg met dioden verbonden met de uitgang. Deze uitgang wordt door middel van een weerstand R1 met de +5 V verbonden.
De adreslijnen die "L" zijn bij het te decoderen adres worden via open-collector invertoren verbonden met de uitgang.




**Figuur 3/8.10.12-40:** Een eenvoudige adresselectie, waarbij dioden gebruikt worden om de schakeling te vereenvoudigen.

De werking van de schakeling is als volgt. Als er een ander adres op de adresbus staat, zal ofwel een van de dioden gaan geleiden, ofwel een van de invertoren een lage uitgang hebben. Het gevolg is dat de onderste aansluiting van de weerstand naar de massa wordt getrokken en de decodeerschakeling een "L" levert. Alleen als het te decoderen adres op de databus verschijnt zullen alle dioden sperren en alle invertoren een "H" leveren. Er vloeit nu geen stroom door de weerstand en de uitgang van de schakeling levert een "H". Dit signaal kan gebruikt worden om de perifere schakeling te activeren.
Behalve met het decoderen van het juiste I/O-adres moet de adresdecoder ook rekening houden met het logische signaal

op sommige processorlijnen. In dit geval betekent dit (de schakeling werd ontworpen voor een oude Z80 processor) dat de adresdecoder alleen een "H" op de uitgang mag leveren als het signaal op de $\overline{RD}$- en $\overline{IORQ}$-lijnen "L" is. De processor vraagt dan een INPUT/OUTPUT REQUEST aan, zodat gecommuniceerd wordt met een perifere schakeling en een I/O-adres op de adresbus wordt gezet. Bovendien betekent de "L" op de $\overline{RD}$-lijn dat de processor de gegevens die de perifere schakeling op de databus zet zal lezen. Nu, ook dat is gemakkelijk! Het volstaat immers beide signalen door middel van invertoren met de gemeenschappelijke uitgang te verbinden.




**Figuur 3/8.10.12-41:** Het schema van een DAC voor zelfbouw.

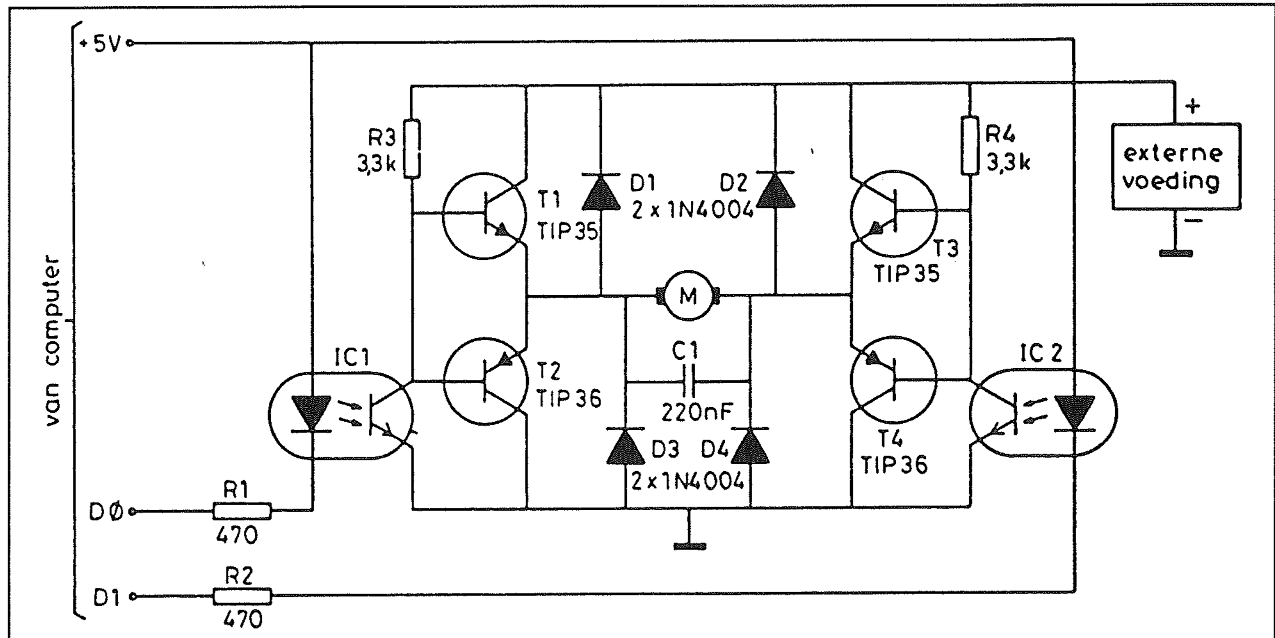
## Eenvoudige DAC

Bij het ontwerpen van perifere schakelingen die gegevens uit een computer verder verwerken, zal men vaak behoefte hebben aan een digitaal naar analoog omzetter. Hoewel daar tegenwoordig ontelbare vrij goedkope IC's voor op de markt zijn, kan een rechtgeaarde doe-het-zelver ook zélf een dergelijke schakeling in elkaar knutselen.

Het schema van de zelfbouw-DAC is getekend in figuur 3/8.10.12-41. De acht uitgangen van de data-bus van de computer gaan naar buffers. In het schema zijn hiervoor twee IC's van het type 4050 gebruikt. Deze schakeling is speciaal voor dit soort buffertoepassingen ontworpen. De voornaamste eigenschap van de 4050 is dat de uitgangsimpedanties van de individuele buffers tamelijk nauwkeurig aan elkaar gelijk zijn. Bovendien is de uitgangsimpedantie onafhankelijk van het logische niveau op de uitgang. De uitgangen van de buffers gaan naar een netwerk, bestaande uit acht zogenoemde "gewogen weerstanden". De eigenschap van dit netwerk is dat de weerstanden zich onderling verhouden als 1 tot 2 tot 4 tot 8 etc. De basiswaarde is in dit geval 30 kΩ en deze weerstand wordt uiteraard aangesloten op het meest belangrijke bit D7 van de data-bus. De laatste weerstand heeft een waarde van 3,84 MΩ en deze weerstand gaat naar de buffer die op het LSB D0 is aangesloten. De weerstandswaarden moeten uit 1 % weerstanden worden samengesteld door parallel- of serieschakeling.

De werking van de schakeling is als volgt. Als de data-bus "L-L-L-L-L-L-L-L" levert zullen alle uitgangen van de buffers op "L" staan. Er vloeit dan geen stroom door de weerstanden en de spanning op hun gemeenschappelijk knooppunt is 0 V. Stel nu dat op de data-bus de code "H-L-L-L-L-L-L-L" verschijnt. Data-lijn D0 gaat dan naar "H", met als gevolg dat ook de uitgang van de op die lijn aangesloten buffer "H" wordt.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.12-42:** Een LINKS-STOP-RECHTS besturing van een motor uit de data-bus.

Er gaat nu een kleine stroom door de weerstand R1 vloeien, zodat op de gemeenschappelijke lijn een kleine spanning wordt opgebouwd. Als de code op de data-bus naar "L-H-L-L-L-L-L-L" gaat zal D1 "H" worden. Er vloeit nu stroom door de weerstand R2, maar omdat deze weerstand gelijk is aan de helft van R1 zal de stroom verdubbelen. De gemeenschappelijke lijn komt nu op twee maal de vorige spanning te staan.
Op deze manier en dank zij de speciale verhouding tussen de weerstanden zal de spanning op de gemeenschappelijke lijn evenredig zijn aan het "gewicht" van de digitale code op de data-bus. Voor iedere ophoging van de code met de binaire eenheid (één LSB) neemt de spanning op de gemeenschappelijke uitgang met een bepaald, constant bedrag toe.
Deze spanning wordt gebufferd door de operationele versterker IC1. Met behulp van de instelpotentiometer R10 kan men de schakeling ijken, bijvoorbeeld op een maximale uitgangsspanning van 2,55 V.

**Het besturen van een motor**
De combinatie computer en modelbouw vormt een onuitputtelijke bron van vermaak en lering. Allerlei motorgestuurde modellen kunnen vrij eenvoudige met de computer bestuurd worden. Een van de eerste opgaven bestaat er uit een schakeling te verzinnen, waarmee men een kleine elektromotor uit de data-bus van een computer kan sturen. Dat kan natuurlijk proportioneel, dus met instelbare snelheid, door gebruik te maken van een DAC.
Als men echter alleen de optie LINKS-STOP-RECHTS nodig heeft, kan men de schakeling van figuur 3/8.10.12-42 toepassen.

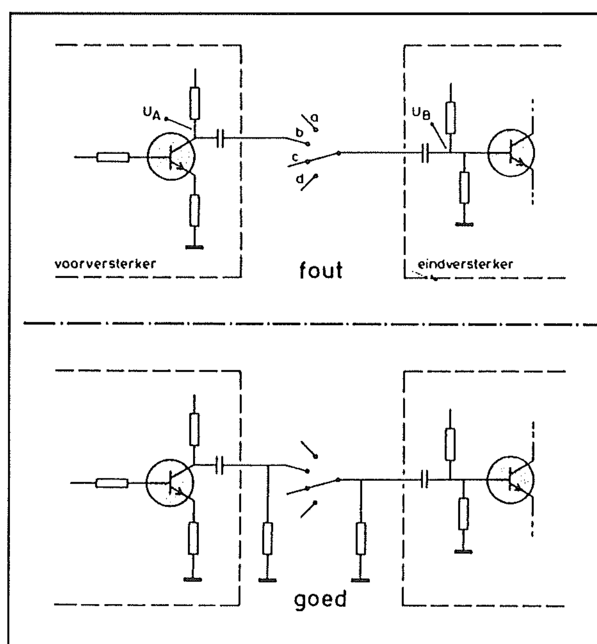
De motor wordt uiteraard gevoed uit een eigen voeding. Tussen de plus van deze voeding en de massa is een brug opgebouwd, samengesteld uit vier transistoren. De motor is geschakeld tussen de twee knooppunten van de brug. De twee takken van de brug vormen kleine comple-

mentaire versterkertjes, die de motoraansluitingen ofwel met de massa, ofwel met de voeding doorverbinden.
De twee takken worden via optische koppelaars gestuurd uit de twee data-lijnen D0 en D1. Als beide data's "L" zijn zullen de optische transistoren uit de koppelaars sperren. De transistoren T2 en T4 worden dan niet gestuurd, zodat deze sperren. Via de weerstanden R3 en R4 kunnen de transistoren T1 en T3 basisstroom ontvangen, zodat deze halfgeleiders geleiden. Beide aansluitingen van de motor worden dus verbonden met de positieve voeding, zodat er geen spanningsverschil over de motor staat en er geen stroom doorheen vloeit.
Als D0 "H" wordt, zal de optische transistor uit IC1 gaan geleiden. Het gevolg is dat de onderste aansluiting van R3 naar de massa wordt getrokken. T1 verliest zijn basissturing en gaat sperren. Transistor T2 kan nu echter basissturing ontvangen, want zijn basis wordt naar de massa getrokken. Het gevolg is dat deze transistor in verzadiging wordt gestuurd en de linker aansluiting van de motor naar de massa trekt. De rechter aansluiting staat echter nog steeds via de geleidende T3 op de positieve voeding. Er vloeit dus stroom van rechts naar links door de motor en deze gaat draaien.
Als D0 weer "L" wordt en D1 "H" wordt gestuurd, draaien de rollen om. Transistor T4 wordt nu in verzadiging gestuurd, zodat de rechter aansluiting van de motor naar de massa wordt getrokken en de stroom van links naar rechts door de motor loopt.
De situatie D0 = D1 ≐ "H" zorgt ervoor dat de transistoren T2 en T4 geleiden, waardoor beide aansluitingen van de motor naar de massa worden getrokken en het apparaat weer tot stilstand komt.

# Diversen

## Onderdrukken van schakelklikken

Schakelaars in geluidsapparatuur kunnen voor veel ellende zorgen. Als men klikken hoort op het moment dat men een schakelaar omschakelt, betekent dit dat niet alle contacten van de schakelaar op dezelfde spanning staan. Er kunnen dan bij het schakelen korte stroompjes vloeien, die de klikken of zelfs ploppen uit de luidsprekers veroorzaken.




**Figuur 3/8.10.12-43:** Het oplossen van problemen, die veroorzaakt worden door klikkende schakelaars.

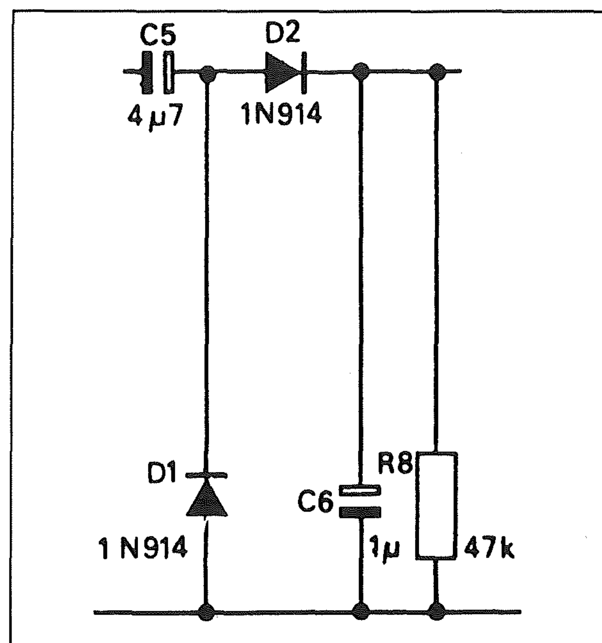
De oorzaak van het probleem is geschetst in de bovenste tekening van figuur 3/8.10.12-43. Een omschakelaar is opgenomen tussen de uitgang van een trap en de ingang van de volgende. Beide signalen worden via condensatoren uit- en ingekoppeld. In de getekende stand van de schakelaar in contact c nergens mee verbonden, hangt dus vrij in de lucht. Door

de lekweerstand van de condensator zal de spanning op contact c gelijk worden aan de spanning $U_A$. Hetzelfde geldt voor het moedercontact, dat opgeladen zal worden tot de spanning $U_B$. Als men nu de schakelaar in stand c zet zal er opeens een rechtstreekse verbinding tussen de twee condensatoren tot stand komen. Als $U_A$ niet gelijk is aan $U_B$ (en dat zal meestal het geval zijn) zal er nu een korte, maar flinke stroom door de twee condensatoren gaan vloeien, totdat de spanningen op het moedercontact en contact c van de schakelaar aan elkaar gelijk zijn. Het is deze stroom die de schakelklik veroorzaakt! In de onderste figuur is de eenvoudige oplossing voor dergelijke problemen geschetst.
Alle contacten van de schakelaar worden via grote weerstanden (100 kΩ tot 1 MΩ) met de massa verbonden. Deze waarden zijn zeer laag vergeleken met de lekweerstanden van de condensatoren. Het gevolg is dat er geen gelijkspanningen over de weerstanden worden opgebouwd en dat alle schakelaarcontacten op 0 V staan. Bij het schakelen kunnen er dus geen stromen vloeien en de schakelklikken of -ploppen blijven afwezig!

**Maximaal rendement uit een wisselspanning**

Vaak moet men kleine signaalspanningen gelijkrichten, bijvoorbeeld voor het aansturen van een LED-meter. Men kan dan natuurlijk gaan versterker en nadien traditioneel gelijkrichten, maar het kan ook eenvoudiger.

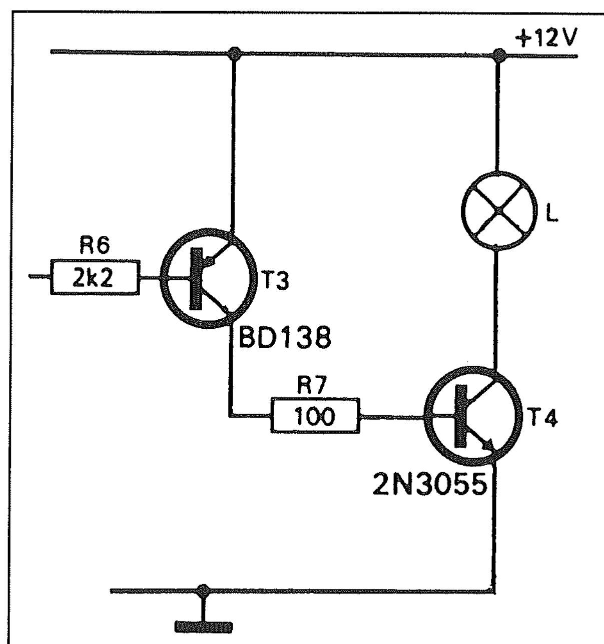
In figuur 3/8.10.12-44 is een speciale gelijkrichter getekend, die zoveel mogelijk gelijkspanning uit een wisselspanning haalt. De eerste trap, C5/D1, is een zogenoemde clamp-kring.




**Figuur 3/8.10.12-44:** Het schema van een gelijkrichter, die het maximaal rendement uit een wisselspanning haalt.

Deze kring zorgt ervoor dat de wisselspanning van de ingang "vastgeplakt" wordt aan de massa. De werking is als volgt. Het wisselspanningssignaal aan de ingang verloopt symmetrisch ten opzichte van de massa, dus een halve periode positief en een halve periode negatief. De condensator zal in principe deze symmetrische wisselspanning ongehinderd doorlaten. Als de spanning op de rechter aansluiting van de condensator echter negatief wil worden, dan gaat de diode D1 geleiden. De geleidende diode zorgt ervoor dat de rechter aansluiting van de condensator met de massa verbonden wordt. De spanning op dat punt kan dus niet lager worden dan ongeveer -0,6 V, de geleidingsspanning van de diode. De symmetrische wisselspanning aan de ingang wordt dus door de clamp-schakeling omgezet in een asymmetrische, waarvan de negatieve top-

pen "vastgeplakt" worden op een niveau van -0,6 V. De rest van het signaal verloopt volledig positief. De maximale positieve signaalspanning wordt dus ongeveer verdubbeld!
De tweede trap van de schakeling, D2/C6/R8, vormt een traditionele gelijkrichter, die deze verdubbelde positieve signaalspanning op de bekende manier gelijkricht en omzet in een positieve gelijkspanning over de condensator C6.




**Figuur 3/8.10.12-45:** Een stuurtrap voor zware belastingen met minimaal spanningsverlies.

## Eenvoudige stuurtrap voor zware belastingen

Wie flinke belastingen wil schakelen, die gevoed worden uit vrij lage spanningen, zou in principe gebruik kunnen maken van een als emittervolger geschakelde Darlington. Maar tussen de basis en de emitter van een dergelijke dubbele transistor staat een spanningsverschil van ongeveer 1,4 V. Dat betekent dat de spanning op de emitter maximaal gelijk is aan de voedingsspanning minus 1,4 V. Wie uit 12 V voedt, stelt dus vast dat de belasting meer dan 10 % minder spanning krijgt dan ter beschikking staat!

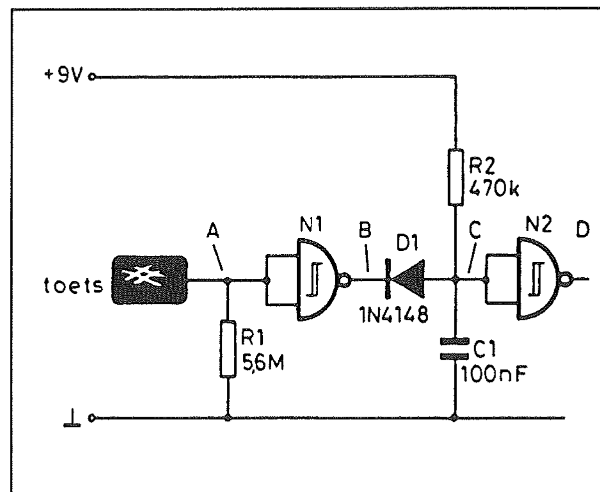
Door de schakeling van figuur 3/8.10.12-45 toe te passen heeft men geen hinder van spanningsverlies. Wél moet men er rekening mee houden dat de schakeling inverterend werkt. Stel dat de basis van T3 positief wordt gestuurd. Er staat dan geen spanningsverschil tussen basis en emitter en de transistor spert. Er vloeit geen collectorstroom, T4 ontvangt dus geen basissturing en spert ook. De belasting, in dit geval een lamp, wordt niet gestuurd.
Als de ingang naar de massa wordt getrokken ontvangt transistor T3 via de weerstand R6 basissturing uit de voeding. Deze halfgeleider gaat naar verzadiging, de collectorstroom levert de basisstroom voor T4. Ook deze transistor gaat naar verzadiging, met als gevolg dat er slechts ongeveer 100 mV over het onderdeel blijft staan. De lamp wordt nu gevoed uit bijna de volledige voedingsspanning.

## Eenvoudige tiptoets

Het schema van een eenvoudige maar uitstekend functionerende tiptoets is getekend in figuur 3/8.10.12-46.

De tiptoets bestaat uit een klein metalen plaatje, zo groot als een dubbeltje. Dit plaatje wordt met de ingangen van een Schmitt-trigger poort uit een CD 4093 verbonden. Deze ingangen gaan via een vrij hoge weerstand naar de massa. Als de toets niet wordt aangeraakt staan de ingangen via de weerstand op "L". Dit signaal wordt geïnverteerd door de poort, zodat op punt (B) een "H" staat. Ondertussen is echter de condensator C1 via de weerstand R2 uit de voedingsspanning op-

geladen tot "H" (punt (C)). Dit signaal wordt geïnverteerd door de tweede poort, die dus een "L" op de uitgang levert.
Stel nu, dat men de tiptoets aanraakt.
De ruimte om ons heen zit vol elektromagnetische velden. Het belangrijkste en sterkste veld is dat van de 50 Hz netspanning. Alleen in de vrije natuur zal dat veld niet aanwezig zijn, maar men kan er zeker van zijn dat in ieder gebouw een sterk 50 Hz veld rondraast. Dat veld wekt in het menselijke lichaam een inductiespanning op. Als men dus de zeer hoogohmige tiptoets aanraakt, zal deze geïnduceerde spanning ook op de tiptoets komen en vandaar over de weerstand R1. De ingangen van de Schmitt-trigger poort worden dus opeens gestuurd met een wisselspanning van 50 Hz. Het gevolg is dat op de uitgang van de poort, signaal (B), een blokgolf ontstaat met een frequentie van 50 Hz. Als dit signaal "H" is, gebeurt er verder niets. Als dit signaal echter even later "L" wordt, gaat de diode D1 geleiden. Deze diode zal de condensator C1 eventjes ontladen, zodat de spanning over dit onderdeel daalt. Deze ontlaadstroom is groter dan de laadstroom die via de weerstand R2 wordt aangevoerd. Het gevolg is dat na een fractie van een seconde de spanning over de condensator gedaald is tot onder de drempel van de Schmitt-trigger poort N2. De uitgang van deze poort wordt "H".
Besluit: als men de tiptoets aanraakt zal de uitgang van de schakeling een mooie "H" leveren, die door digitale schakelingen verwerkt kan worden. Na het loslaten van de tiptoets gaat de uitgang van de eerste poort uiteraard weer naar "H".
De diode spert en de condensator C1 wordt weer door de weerstand R2 opgeladen tot de voedingsspanning. De uitgang van de tweede poort gaat naar "L".



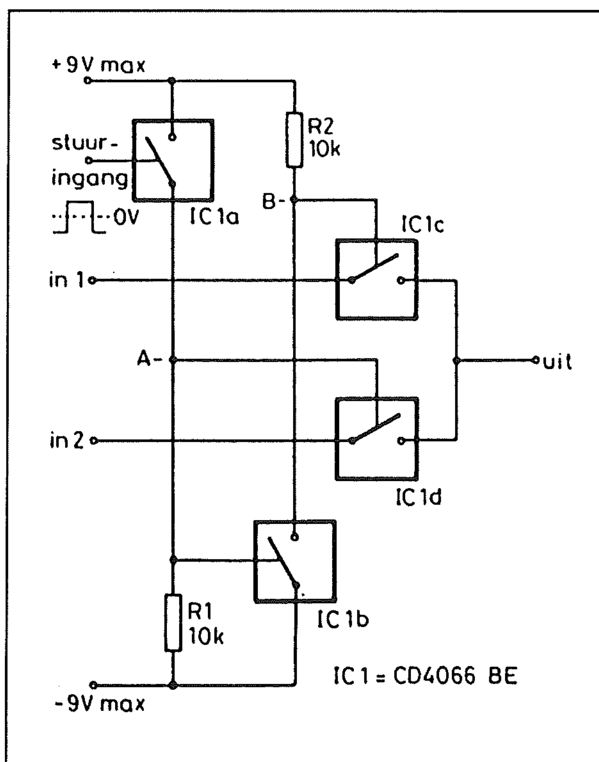

**Figuur 3/8.10.12-46:** Het schema van een eenvoudige tiptoets.

## Een eenvoudige elektronische omschakelaar

Het elektronisch schakelen van signalen heeft in veel moderne apparatuur de oude mechanische schakelaars vervangen. In figuur 3/8.10.12-47 is een zeer inventieve elektronische omschakelaar getekend, waarvoor slechts één IC en twee weerstanden noodzakelijk zijn!

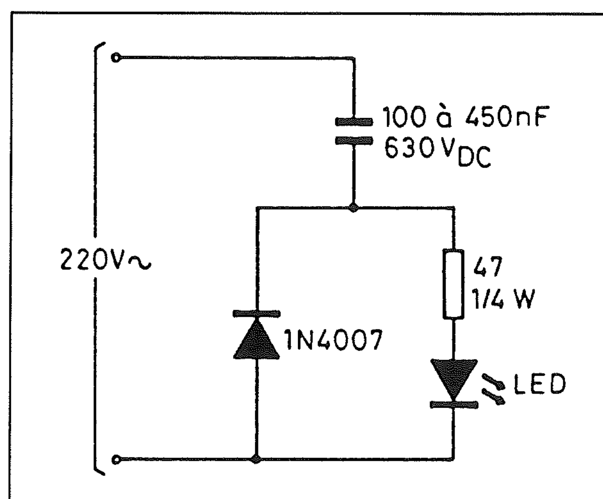
Hart van de schakeling is een 4066, de beroemde analoge schakelaar uit de CMOS-stal.
Dit IC wordt gevoed tussen +9 V en -9 V, zodat analoge signalen met een top-tot-top waarde van ongeveer 15 V zonder vervorming verwerkt kunnen worden.
De stuuringang van de schakelaar IC1a ontvangt het bedieningssignaal van het systeem. Dat is een signaal dat ofwel +9 V is, ofwel -9 V. Stel dat dit signaal -9 V is. De elektronische schakelaar IC1a staat dan open, met als gevolg dat er geen stroom door de weerstand R1 kan vloeien. De bovenste aansluiting van dit onderdeel staat op een spanning van -9 V. Het gevolg is dat ook de elektronische schakelaars

IC1b en IC1d open staan. Er vloeit geen stroom door de weerstand R2, de onderste aansluiting van dit onderdeel staat op +9 V.
De elektronische schakelaar IC1c sluit, met als gevolg dat ingangssignaal in1 wordt doorverbonden met de uitgang.
Als men de stuurspanning op +9 V zet, sluit IC1a. De positieve voedingsspanning komt dan op de bovenste aansluiting van weerstand R1 te staan. De schakelaars IC1b en IC1d sluiten, zodat het ingangssignaal in2 nu naar de uitgang doorgekoppeld wordt. Door het sluiten van IC1b wordt de onderste aansluiting van de weerstand R2 met de -9 V verbonden. Schakelaar IC1c opent, zodat het ingangssignaal in1 niet op de uitgang verschijnt.




Figuur 3/8.10.12-47: Een elektronische omschakelaar met een minimaal aantal onderdelen.

**Een LED voeden uit het net**
Het zal niet vaak voorkomen, maar als men in een bepaalde toepassing de behoefte heeft een LED'je rechtstreeks uit de 220 V van het net te voeden, dan kan men daarvoor de schakeling van figuur 3/8.10.12-48 toepassen.

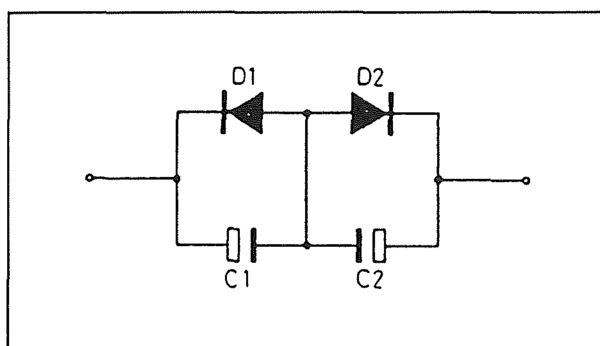



Figuur 3/8.10.12-48: Het rechtstreeks voeden van een LED uit de 220 V wisselspanning.

De condensator van 100 nF tot 450 nF moet een exemplaar zijn met een doorslagspanning van minstens 630 V. De wisselspanningsimpedantie van dit onderdeel zorgt ervoor dat er een wisselstroom van ongeveer 10 mA door de schakeling vloeit. De diode 1N4007 sluit de negatieve halve perioden kort, zodat de LED alleen gevoed wordt met de positieve halve perioden. De kleine weerstand van 47 Ω zorgt voor een onderdrukking van de grote stroompiek die kan ontstaan als de ongeladen condensator opeens met de 220 V van het net wordt verbonden.

**Zélf bipolaire condensatoren maken**
Bipolaire condensatoren zijn condensatoren die een zeer hoge waarde hebben,

maar toch niet volgens de elektrolytische technologie zijn gemaakt. Dergelijke onderdelen zijn niet gepoold, hebben dus geen + en -, met als gevolg dat zij aangesloten kunnen worden op een wisselspanning.
Bipolaire condensatoren worden voornamelijk gebruikt in scheidingsfilters in luidsprekercombinaties en bij sommige elektromotoren. Het nadeel van deze speciale condensatoren is dat zij nogal prijzig zijn en niet overal verkrijgbaar.

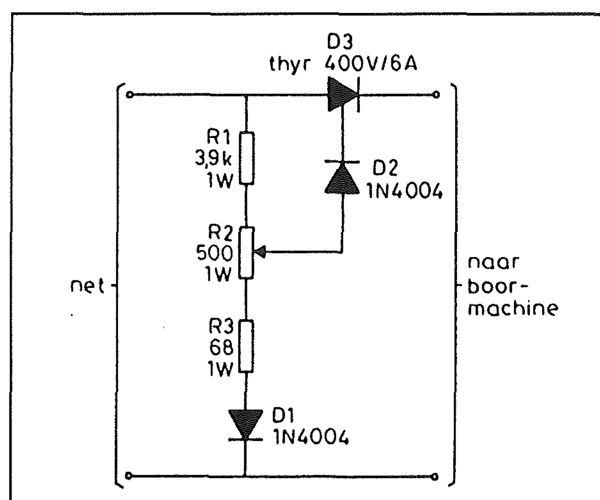



**Figuur 3/8.10.12-49:** Twee elco's en twee dioden vormen een bipolaire condensator.

Met twee normale elektrolytische condensatoren en twee dioden kan men zélf een bipolaire condensator samenstellen volgens het schema in figuur 3/8.10.12-49. Als men een bipolaire condensator van 47 µF nodig heeft, moet men twee elco's van 100 µF in anti-serie schakelen. De twee dioden zorgen ervoor dat de elco's nooit invers gepolariseerd kunnen worden. Stel bijvoorbeeld dat de linker aansluiting van de schakeling positief is ten opzichte van de rechter aansluiting. De positieve spanning staat dan op de + van C1. De diode D2 gaat geleiden en sluit C2 kort, zodat de - van C1 met de negatieve spanning wordt verbonden.

**Eenvoudige snelheidsregeling voor boormachines**

In principe kan men een normale lichtdimmer toepassen voor het regelen van het toerental van de motor van een boormachine. Het nadeel is echter dat een dergelijke schakeling geen rekening houdt met de mate van belasting. Als men de boormachine gaat belasten zal het toerental dalen.



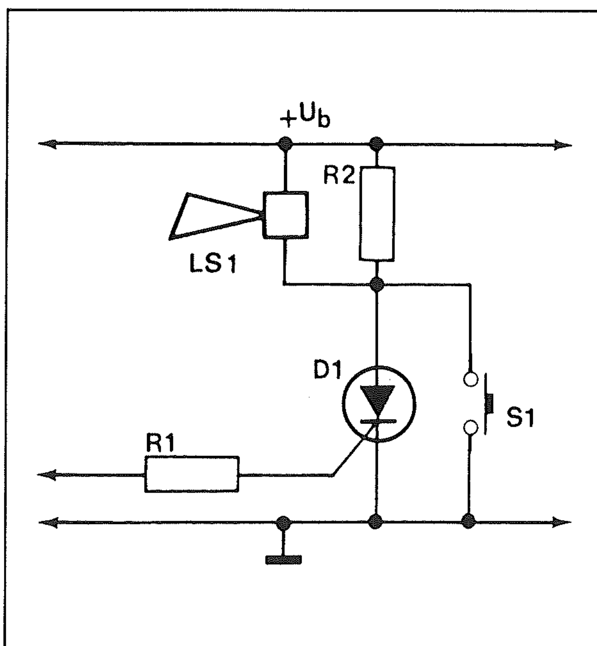

**Figuur 3/8.10.12-50:** Een gecompenseerde snelheidsregeling voor een boormachine.

De schakeling die wordt voorgesteld in figuur 3/8.10.12-50 doet dat wél. De ontstekingshoek van de thyristor is niet alleen afhankelijk van de instelling van de potentiometer R2, maar ook van de tegenspanning die de motor van het boormachine afgeeft. Deze zogenoemde "t-emk" is weer afhankelijk van de mate van belasting van de motor. Dank zij deze eigenschap zal de snelheid van de motor veel stabieler blijven en dus minder afhankelijk van de belasting. De schakeling heeft echter ook een nadeel. Er wordt gebruik gemaakt van een thyristor, zodat de schakeling alleen werkt voor de positieve halve perioden van de netspanning. Het gevolg is dat de

snelheid van de motor te regelen is tussen 0 en ongeveer 60 % van de maximale waarde. Maar men kan natuurlijk de thyristor overbruggen met een enkelpolige schakelaar en deze sluiten als men op maximale snelheid en vermogen wil werken.

**Een thyristor als geheugen**

Vaak heeft men een alarmschakelingetje nodig, dat bijvoorbeeld een LED of een zoemertje stuurt als aan bepaalde alarmvoorwaarden voldaan is. In eerste instantie denkt iedere ontwerper uiteraard aan het inzetten van een flip-flopje met een reset-schakelaar. Maar, het kan alweer eenvoudiger!




**Figuur 3/8.10.12-51:** Een thyristor, toegepast als set/reset flip-flop.

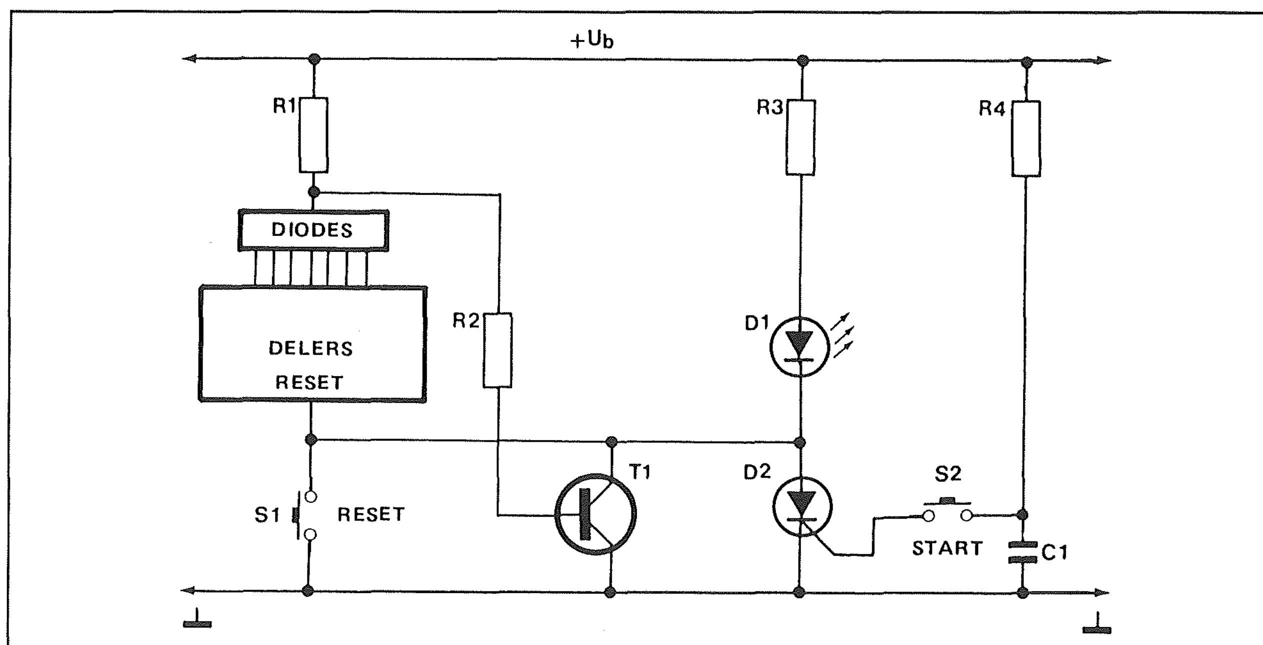
In figuur 3/8.10.12-51 is een alternatieve schakeling getekend, waarbij gebruik wordt gemaakt van een ..... thyristor als geheugenelement! Natuurlijk heeft men hiervoor geen zware thyristor nodig, zoals gebruikt in dimmers. Er bestaan diverse uitvoeringen die een maximale stroom van 100 mA kunnen schakelen en in een kleine behuizing zitten. Deze zijn ideaal voor deze toepassing.

De werking is als volgt. Als het alarm geactiveerd moet worden, wordt een positieve puls op R1 gezet. Deze stuurt een ontsteekstroom in de gate van de thyristor. Het onderdeel ontsteekt en de zoemer LS1 wordt geactiveerd. Ook na het wegvallen van de puls blijft de schakeling actief. De stroom door de thyristor is immers zo groot dat de houdstroom overschreden wordt en de thyristor, ook na het wegvallen van de gate-sturing, in geleiding blijft. Wil men het alarm uitschakelen, dan drukt men even op de drukknop S1. Hierdoor wordt de thyristor kortgesloten, zodat de stroom nul wordt en het onderdeel naar sper gaat. Na het loslaten van de drukknop valt het alarm dus uit.

Het enige nadeel van deze schakeling is dat het alarm blijft afgaan als men de drukknop indrukt. Bij normale schakelingen met een flip-flop valt het alarm onmiddellijk af als men de drukknop bedient. Mensen die niet weten hoe de schakeling werkt zouden daardoor de indruk kunnen krijgen dat de drukknop het niet goed doet en steeds harder en harder gaan drukken!

In figuur 3/8.10.12-52 wordt een tweede toepassing gegeven, waarbij een laagvermogen thyristor wordt gebruikt als geheugen. De thyristor D2 wordt nu gebruikt als set/reset flip-flop, die het starten en stoppen van een teller controleert. Bij het inschakelen van de voeding is de thyristor uiteraard gesperd. De positieve voeding dringt via de weerstand R3 en de LED D1 door tot de reset van de teller. Deze wordt gereset en kan dus niet tellen.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

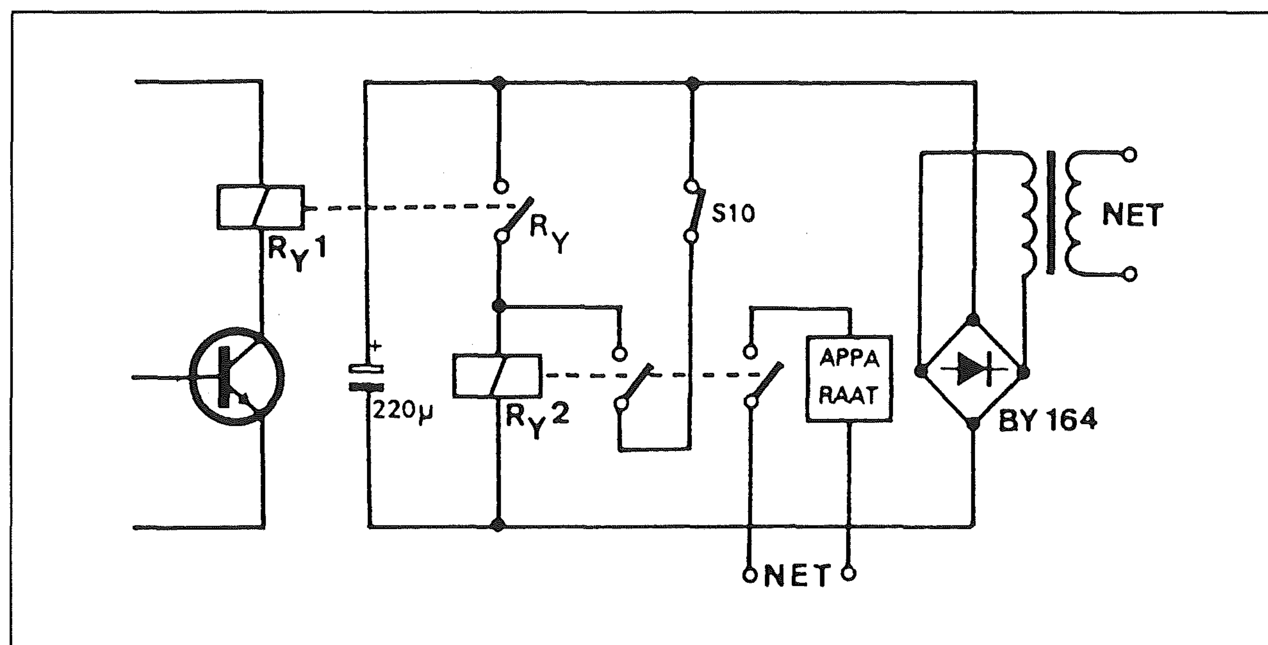



**Figuur 3/8.10.12-52:** Een andere toepassing waarbij een thyristor wordt ingezet als geheugen.

Door het even indrukken van de drukknop S2 ontlaadt de condensator C1 zich over de gate van de thyristor. Dit onderdeel wordt in geleiding gestuurd, zodat de reset van de teller met de massa verbonden wordt. Ook na het loslaten van de drukknop blijft deze toestand bestaan.
De stroom die via de weerstand R3 en de LED D1 door de thyristor vloeit is immers groter dan de houdstroom. De "L" op de reset zorgt ervoor dat de teller kan gaan tellen. Nadat de teller een bepaald aantal pulsen geteld heeft, levert een diodeschakeling (vergelijkbaar met deze in figuur 3/8.10.12-32) een positieve puls af. Deze puls stuurt via de weerstand R2 de transistor T1 even in geleiding. Deze actie sluit de thyristor kort. De stroom gaat naar nul, de thyristor gaat naar sper. Hierdoor gaat de spanning op de reset naar "H", zodat de teller reset en de schakeling weer in rust is.
Dit eenvoudige systeem kan bij een heleboel schakelingen, al dan niet in aangepaste vorm, worden toegepast.

**Een relais als geheugen**
Tot slot wordt nog een eenvoudige schakeling besproken, waarbij een relais de functie van elektronisch geheugen vervult. De meeste kleine relais hebben twee contacten. Vaak heeft men slechts één contact nodig, zodat het tweede ongebruikt blijft. Dit tweede contact kan op een heel eenvoudige manier als houdschakelaar worden ingezet, zodat het relais aangetrokken blijft en men een flipflop kan uitsparen.
In de schakeling van figuur 3/8.10.12-53 moet een apparaat via een relais met het net worden verbonden. Het apparaat moet ingeschakeld worden als een transistor even in geleiding wordt gestuurd. Door het drukken op een drukknop moet het apparaat weer uitgeschakeld worden. Men heeft dus een geheugen nodig waar men alweer onmiddellijk aan een flip-flop zou denken.
Maar dank zij de tweede schakelaar van het relais kan dat onderdeel uitgespaard worden.

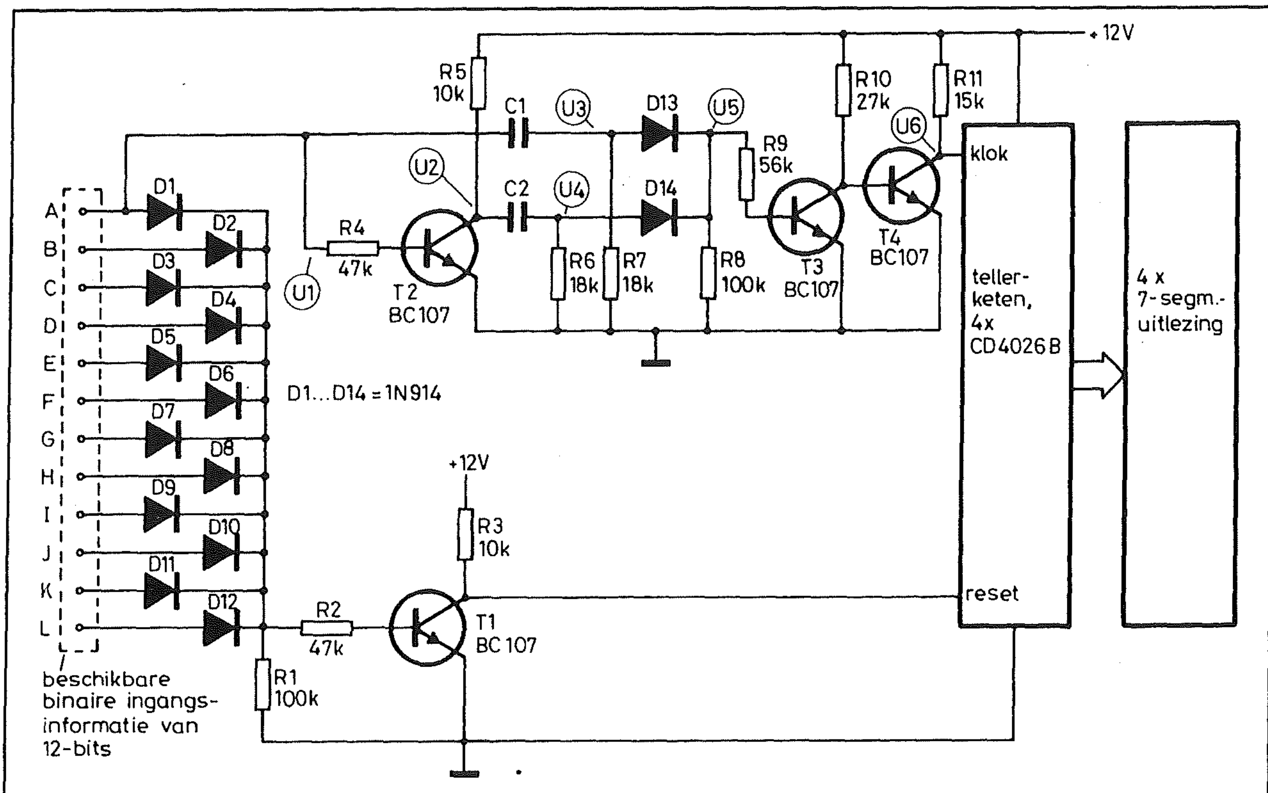
**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.12-53:** Een relais wordt uitgerust met een houdschakelaar, waardoor een flip-flop wordt uitgespaard.

Het even in geleiding sturen van de transistor bekrachtigd het eerste, kleine relais Ry1. De schakelaar Ry van dit relais zet de spoel van het zwaardere schakelrelais Ry2 onder spanning. De twee schakelaars van dit relais komen op. De rechter schakelaar verbindt het apparaat met het net. De linker zorgt er echter voor dat de spoel van het relais met de voeding verbonden blijft. Ook na het weer openen van Ry zal relais-2 dus bekrachtigd blijven. Die situatie kan opgeheven worden door even op de drukknop S10 te drukken. Deze drukknop heeft een normaal gesloten contact, dat opent als men op de knop drukt.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**



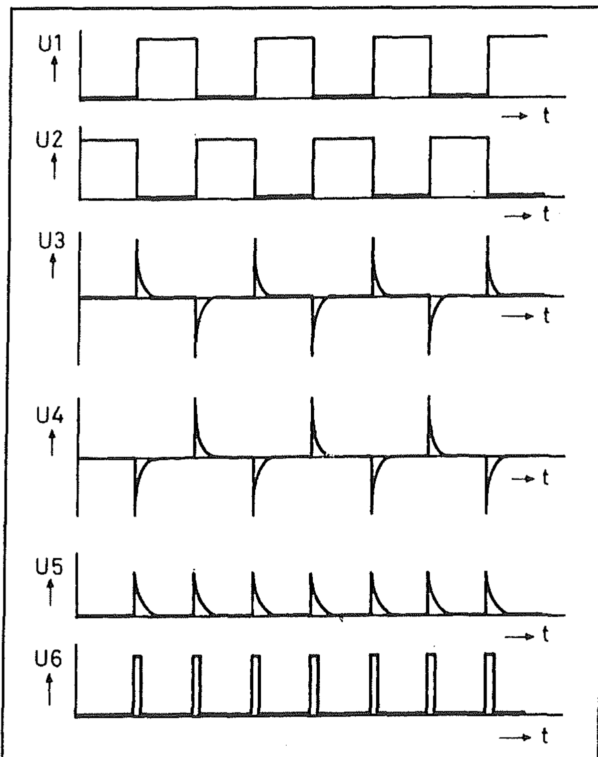

**Figuur 3/8.10.12-54:** Het principe van de binair naar decimaal omzetting.

**Binair naar decimaal omzetter**

Binaire codes, geleverd door tellers, kunnen zeer efficiënt worden gebruikt voor het timen van allerhande gebeurtenissen. In de model spoorwegbaan kan een dergelijk systeem bijvoorbeeld worden toegepast om diverse gebeurtenissen in de juiste volgorde achter elkaar te laten aflopen. Een nadeel is dat het vrij moeilijk is om uit de binaire code “normale” tijdgegevens af te leiden. Dit omdat de binaire code nu eenmaal met basis 2 telt en niet met basis 10, zoals de decimale code.

Er moet dus een schakeling worden ontworpen, die de binaire informatie op de stuurlijnen omzet in een decimale tijdindicatie. In eerste instantie denkt men dan uiteraard aan een dubbele code-omzetting. Eerst van binair naar BCD en nadien, op de algemeen bekende manier, van BCD naar decimaal. De eerste omzetting levert echter nogal wat problemen op. Er bestaat weliswaar een speciaal IC voor het omzetten van een binaire code in het BCD-equivalent. Dit IC is een speciale uitvoering van de SN7488, een 256 bit ROM, en wordt door Texas Instruments geleverd onder typenummer SN74185. De omzettingscode is vast in dit IC geprogrammeerd bij de fabricage.

Voor het omzetten van een 12 bit code zijn echter acht identieke IC’s nodig! Deze dubbele code-omzetting wordt dan ook verworpen. Gekozen wordt voor een tweede tellerketen, gebouwd met IC’s van het type CD4026B. Dat zijn decimale tellers met ingebouwde zevensegment decoder en sturing. Het probleem werd herleid tot het genereren uit de twaalf stuurlijnen van de oorspronkelijke klok- en resetsignalen van de reeds genoemde binaire hoofdteller.




**Figuur 3/8.10.12-55:** De werking van de klok hersteller.

Als voorbeeld van deze techniek wordt in figuur 3/8.10.12-54 een schakeling getekend, waarbij 12 binaire besturingssignalen A tot en met L ter beschikking staan en waaruit tijdinformatie moet worden afgeleid. De twaalf binaire ingangssignalen A tot en met L worden door middel van een diode-poort aangeboden aan de basis van transistor T1. Bij het resetten van de hoofdteller worden alle uitgangen "L", zodat de basis van de transistor niet wordt gestuurd. Op de collector ontstaat een puls van 12 V, die de reset-ingangen van de vier tientellers (CD4026B) van de tellerketen stuurt. De uitlezing gaat nu naar nul. Het terugwinnen van de klokpuls van 1 seconde van de hoofdteller is gecompliceerder. De eerste binaire uitgang A klapt bij iedere klokpuls om. Deze ingang wordt aangeboden aan een inverter, opgebouwd rond transistor T2. Op de collector staat het signaal $\bar{A}$.

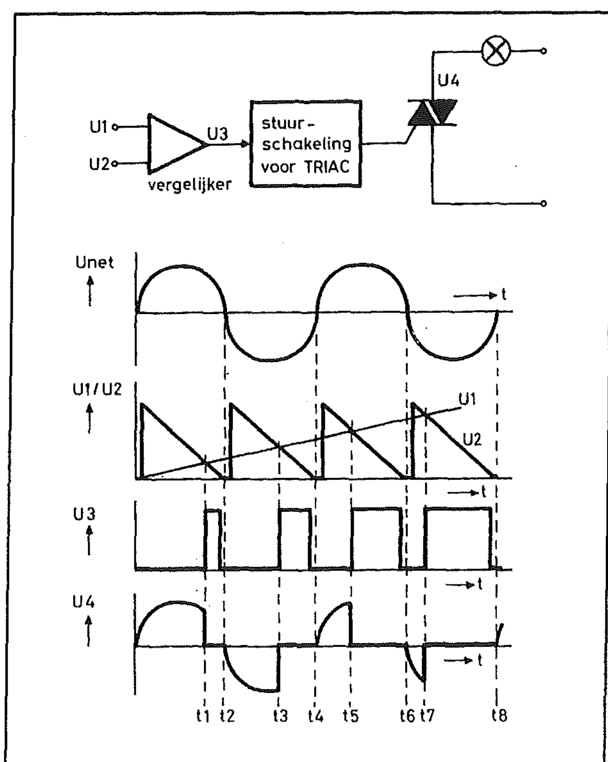
De werking van de schakeling is grafisch in figuur 3/8.10.12-55 voorgesteld. De signalen A en $\bar{A}$ worden gedifferentieerd door middel van de RC-netwerken C1-R7 en C2-R6. De positieve naaldpulsen van U3 en U4 dringen ongehinderd door de dioden D13 en D14 en verschijnen over weerstand R8. Over dit onderdeel ontstaat dus bij iedere spanningssprong van het ingangssignaal A een smalle positieve puls. De frequentie van signaal A is als het ware verdubbeld. De twee laatste transistoren vormen de smalle puls om in een mooi signaaltje, waarmee de klokingang van de eerste CD4026B wordt bevredigd. Hoewel deze schakeling het risico inhoudt dat de synchronisatie tussen de hoofdteller en de delers van de decimale indicator wordt verstoord door stoorpulsen, is dat in de praktijk nooit gebeurd.

**Lineair regelen van lichtintensiteiten**

Elektronisch gestuurde lichtregelaars wordt steeds vaker toegepast, niet alleen in de professionele sector bij schouwburgen en bioscopen, maar ook in de huiselijke sfeer. Ook amateur theatergezelschappen en orkestjes gaan steeds vaker over tot de aanschaf van eigen verlichtingsapparaten, waarvan de elektronica voor het spelen met het licht zelf in elkaar wordt gesleuteld. De nodige elektronica bestaat meestal uit een schakeling, die een gelijkspanning omzet in een signaal, waarmee een triac wordt gestuurd. Dit procédé is zeer simpel en geschetst in figuur 3/8.10.12-56. Gelijkspanning U1 wordt in een comparator vergeleken met een soort zaagtandspanning U2, die synchroon loopt met de halve periode van de netspanning. Als gelijkspanning U1 groter wordt dan de zaagtand, wekt de compara-

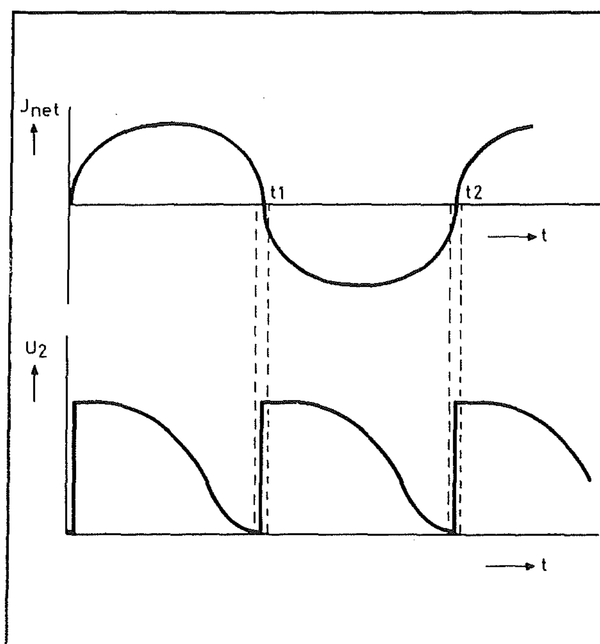
**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

tor een positieve spanning U3 op, die door middel van een stuurschakeling de poort van de triac van stroom voorziet. De triac opent en de lamp wordt met de netspanning verbonden. De uitgangstrap van de stuurschakeling is uiteraard voorzien van een optische koppeling, zodat de stuurelektronica en het rechtstreeks met het net verbonden triac-circuit galvanisch zijn gescheiden.




**Figuur 3/8.10.12-56:** Het principe van lichtregeling met een gelijkspanning.

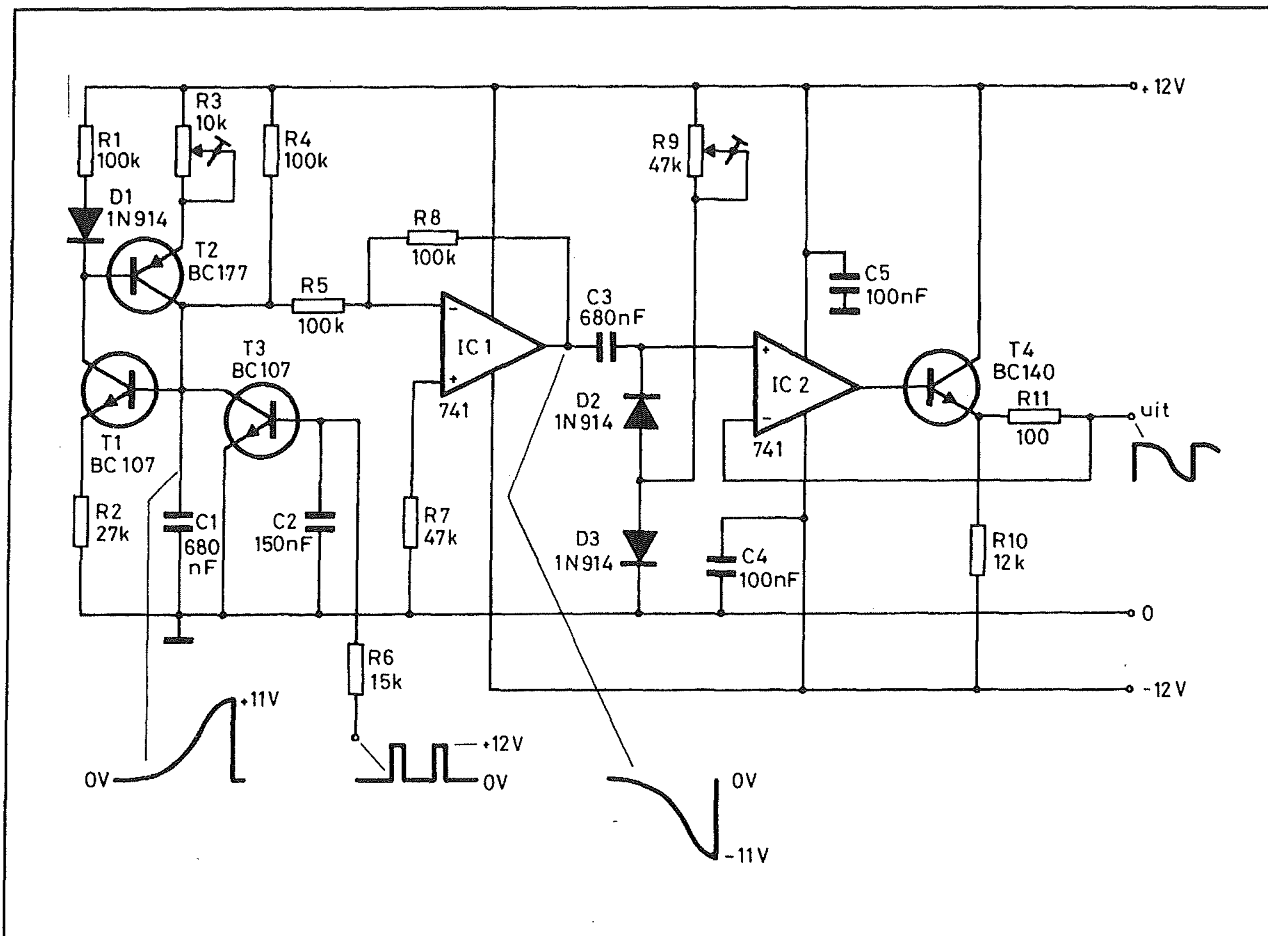
In de grafieken van figuur 3/8.10.12-56 ziet men zeer duidelijk dat de triac vroeger in de periode wordt gestuurd als gelijkspanning U1 groter wordt. Het stijgen van stuurspanning U1 heeft een verhoging van de lichtintensiteit tot gevolg.
Dit systeem werkt feilloos, maar heeft als nadeel dat het verband tussen de grootte van U1 en lichtintensiteit alles behalve lineair is. Laat men U1 in 10 seconden stijgen van 0 tot maximum, dan merkt men dat de lamp in de eerste seconden snel oplicht en nadien nauwelijks reageert. Als U1 met de hand wordt opgewekt door het verdraaien van een potentiometer kan men door de keuze van het soort potentiometer en de snelheid waarmee men de loper verdraait nog wel een lineaire stijging van de intensiteit realiseren.




**Figuur 3/8.10.12-57:** De geoptimaliseerde vorm van de comparatorspanning U2.

Bij automatische lichtregelsystemen, waarbij spanning U1 elektronisch wordt opgewekt door bijvoorbeeld het met een constante stroom opladen van een condensator of door een achter een microprocessor geschakelde D-A-omzetter, is het niet-lineaire verband zeer storend.
Een oplossing in het aanpassen van de vorm van vergelijkspanning U2. Na veel experimenteren bleek de vorm van figuur 3/8.10.12-57 het beste te voldoen.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.12-58:** Een schakeling die de spanning van figuur 3/8.10.12-57 genereert.

Als stuurspanning U1 zeer klein is, zal een geringe stijging een grote pulsbreedtevariatie van de uitgangspuls van de vergelijker tot gevolg hebben. De helling van U2 is namelijk klein, zodat een geringe variatie van U1 een grote tijdverschuiving van de voorflank van de comparatorpuls veroorzaakt.
Dit gebied is noodzakelijk voor het snel op temperatuur brengen van de gloeidraad van de lamp. Nadien heeft een gelijke stijging van de stuurspanning U1 een veel geringere pulsbreedtevariatie tot gevolg, dit vanwege de scherpe helling van spanning U2. Het lampvermogen stijgt mondjesmaat, maar dat heeft toch een flinke variatie in intensiteit tot gevolg. Het laatste gedeelte van de cyclus wordt weer snel doorlopen (helling van U2 is weer gering), omdat een verder toevoeren van vermogen nauwelijks zichtbare resultaten oplevert.
Blijft de vraag: hoe wekt men een dergelijke raar gevormde spanning op? Figuur 3/8.10.12-58 geeft het antwoord. Transistoren T1 en T2 vormen een logaritmische stroombron, die condensator C1 logaritmisch oplaadt. Door middel van instelpotmeter R3 kan men deze schakeling zo instellen, dat over de condensator de getekende spanning ontstaat. De laadstroom moet dus zo groot worden geregeld, dat de stroombron in het laatste deel van de laadcyclus het niet meer kan ver-

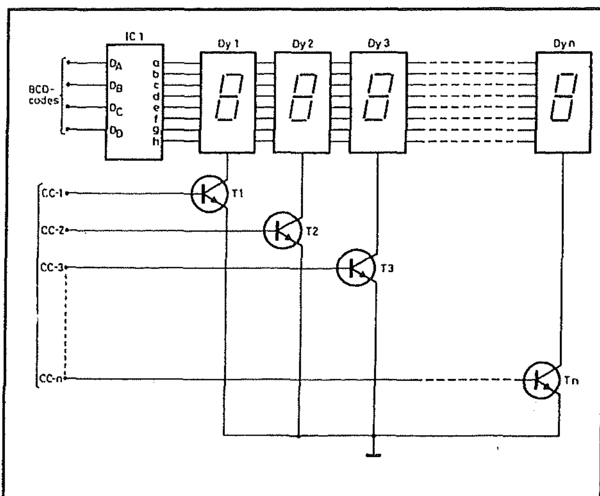
werken, doordat het spanningsverschil tussen de positieve voedingsspanning en de spanning over de laadcondensator te klein wordt.
Het ontladen van de condensator gebeurt door middel van een smalle positieve puls, die uit de netspanning wordt afgeleid en verschijnt bij iedere nuldoorgang van deze spanning. Het opwekken van een dergelijke puls is al vaak beschreven. Condensator C2 zorgt voor een kleine vertraging, zodat het ontladen van condensator C1 echt bij de nuldoorgang plaats vindt. De getekende spanning over condensator C1 wordt geïnverteerd door de als -1 versterker geschakelde operationele versterker IC1. Op de uitgang van dit onderdeel verschijnt bijgevolg een gelijkvormige spanning, variërend tussen 0 V en -11 V. Deze spanning behoeft nu nog alleen een niveauverschuiving te ondergaan. Dat gebeurt door middel van de klemschakeling C3, D2 en D3, waarmee de uitgangsspanning van de op-amp op 0 V wordt vastgelegd. De instelstroom van diode D3, te regelen met instelpotentiometer R9, bepaalt de voorspanning op de anode van D2 en dus ook het exacte klemniveau. Met de scoop kan men dit precies op 0 V afregelen. IC2 vormt samen met T4 een uitgangsbuffertje, dat de spanning aanbiedt aan de buitenwereld. Weerstand R11 zorgt voor een kortsluitbeveiliging voor de laatste transistor.

## Lage frequentie meten op digitale frequentie-module

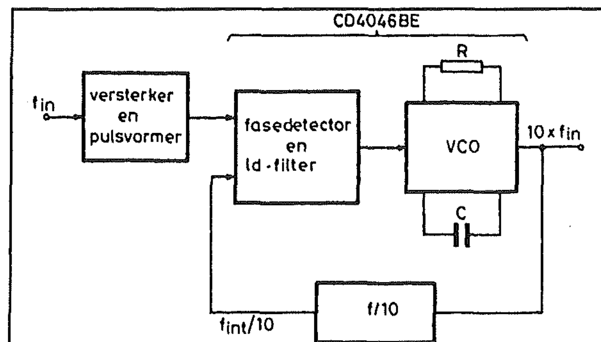
Tegenwoordig worden er erg goedkope digitale frequentiemetertjes in module aangeboden, die zijn opgebouwd uit vier of zes decaden. Meestal beschikken dergelijke modules over een eenvoudige tijdbasis, waarvan de poorttijd wordt afgeleid van een kristal met een frequentie van 3,268 MHz. Deze frequentie wordt dusdanig gedeeld dat de teller het aantal aangeboden pulsen bijvoorbeeld 1/100 seconde meet. Met vier decaden heeft men dan een meetgebied tot 100 kHz. Ideaal, behalve als men met een dergelijke schakeling lage frequenties moet meten! De poorttijd zou dan minstens een factor 10 of 100 langer moeten zijn. Nu zou men denken dat dit probleem op te lossen is door het intern kristal te vervangen door een met een factor 10 of 100 lagere frequentie. De poorttijd wordt dan met dezelfde factor langer. Zo eenvoudig is het echter helaas niet! Het probleem is dat dergelijke frequentiemetertjes allemaal zijn uitgerust met een zogenoemde gescande uitlezing. Dat betekent dat de display's één na één worden aangestuurd volgens het schema van figuur 3/8.10.12-59. Alle gelijkaardige segmenten van alle uitlezingen zijn doorverbonden en aangesloten op één van de uitgangen van een BCD naar zevensegment decoder IC1. De "common"-aansluiting van iedere uitlezing gaat niet rechtstreeks naar de massa (verondersteld wordt dat men gebruik maakt van gemeenschappelijke kathode uitlezingen), maar met tussenschakeling van een als schakelaar optredende transistor. Uit de kristalfrequentie wordt een tamelijk laagfrequent signaal afgeleid dat wordt gebruikt voor het één na één in geleiding sturen van deze transistoren. Op het moment dat transistor T1 open gaat zet de schakeling de BCD-code voor het meest linkse display op de ingangen van IC1. Omdat de gemeenschappelijke kathode van Dy1 nu aan de massa ligt zullen de segmenten van dit display oplichten. Even later gaat T1 dicht en T2 open, de BCD-codes voor het tweede display worden aan IC1 aangeboden en uitgelezen op Dy2.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

Dit alles gaat zo snel dat het lijkt alsof alle zevensegment uitlezingen tezelfdertijd oplichten. In principe dus hetzelfde verschijnsel als bij een TV-beeld, waar immers slechts één klein lichtpuntje oplicht, maar waarbij het door de traagheid van het oog lijkt alsof er een volledig beeld aanwezig is. Door nu de oscillatorfrequentie met een factor 10 of 100 te verlagen zal de poorttijd inderdaad 10 of 100 maal groter worden en zou men dus met een verhoogde nauwkeurigheid lage frequenties kunnen meten, maar zal waarschijnlijk ook de scan-frequentie met dezelfde factor worden verlaagd zodat de display's goed zichtbaar één na één zullen oplichten. Een oplossing voor dit probleem is het tussenschakelen van een digitale frequentie-vermenigvuldiger. Zo'n schakeling werkt volgens het principe van de PLL, de phase locked loop. Het principiële schema is getekend in figuur 3/8.10.12-60. Stel dat men het gebied tussen 10 Hz en 10 kHz met een factor 10 wil vermenigvuldigen. De schakeling bevat een spanningsgestuurde oscillator VCO. Men laat deze schakeling dan op bijvoorbeeld 5 kHz oscilleren.




**Figuur 3/8.10.12-59:** Het principe van gemultiplexte uitlezing.



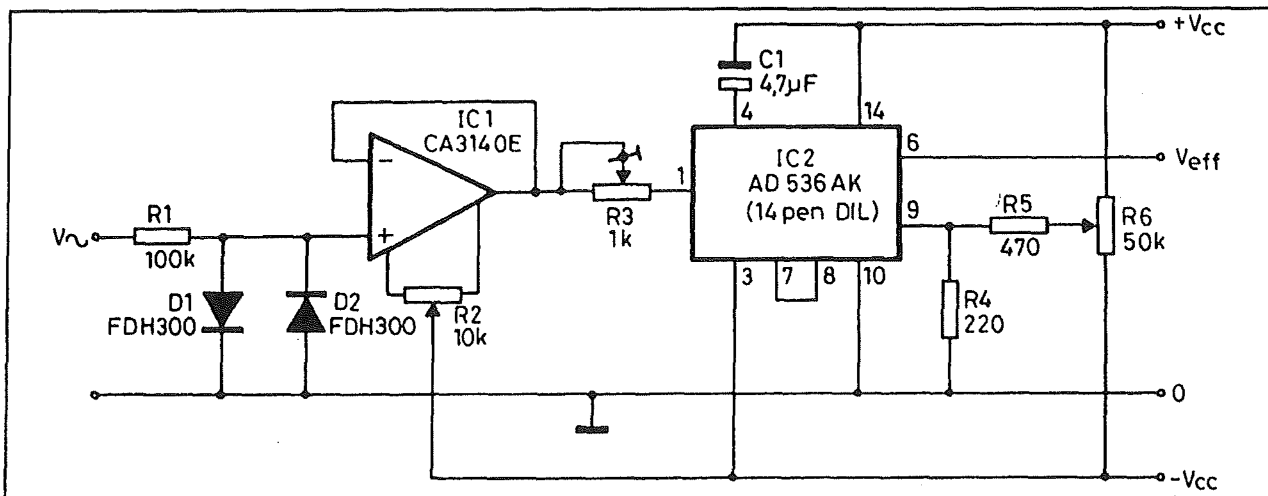

**Figuur 3/8.10.12-60:** Frequentie vermenigvuldigen met het PLL-principe.

In de meeste gevallen kan men deze frequentie (de eigenfrequentie van de VCO) instellen door de keuze van een weerstand R en een condensator C. De uitgang van deze schakeling gaat naar de ingang van de frequentiemeter en naar een tiendeler. De te meten ingangsspanning wordt eerst versterkt en omgezet in een digitaal signaal. In principe kan men daarvoor de ook voor het module noodzakelijke ingangsschakeling gebruiken. De uitgang van deze schakeling wordt in een fasedetector vergeleken met de uitgangsspanning van de tiendeler.

Deze detector vergelijkt de fase van beide signalen en levert een uitgangspuls op waarvan de aan/uit-verhouding (men noemt dat de dutycycle) afhankelijk is van het faseverschil tussen beide ingangen. Deze puls wordt door een laagdoorlaatfilter omgezet in een gelijkspanning, waarmee men de eigenfrequentie van de VCO kan variëren.

De werking van een PLL is vreselijk ingewikkeld maar het komt er op neer dat de schakeling de frequentie van de VCO zo zal bijregelen dat er geen faseverschil tussen $f_{in}$ en $f_{int/10}$ ontstaat. Het zal duidelijk zijn dat dit alleen maar het geval is als beide signalen dezelfde frequentie hebben!

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.12-61:** Een zeer nauwkeurige "true-RMS" gelijkrichter.

Waaruit men onmiddellijk kan besluiten dat de uitgang van de VCO een frequentie heeft die precies 10 maal hoger is dan de frequentie van de ingangsspanning.
Door de tegenkoppeling zal de schakeling (binnen bepaalde grenzen) iedere frequentiewijziging aan de ingang volgen en de frequentie van het uitgangssignaal steeds zo bijregelen tot voldaan is aan de voorwaarde $f_{uit} = 10 * f_{in}$.
De VCO en de detector zitten in een goedkoop IC'tje uit de CMOS-familie, namelijk de CD4046BE. Men kan de vermenigvuldigingsfactor verhogen door in plaats van door tien bijvoorbeeld door 100 of 1.000 te delen. In dat laatste geval zal een ingangssignaal met een frequentie van 12,34 Hz worden omgezet in een uitgangssignaal met een frequentie van 12,34 kHz, hetgeen zonder meer met een voldoende resolutie op zo'n module is te meten.

**Nauwkeurig wisselspanning meten**
Net zo goedkoop als frequentie-modulen zijn tegenwoordig voltmeter-modulen. Nadeel van deze modulen is dat zij weliswaar zeer nauwkeurig gelijkspanningen meten, maar geen raad weten met wisselspanningen. Wil men wisselspanningen met ongeveer dezelfde nauwkeurigheid meten, dan voldoen de bekende schakelingetjes met één of twee op-amp's niet. Het schema van figuur 3/8.10.12-61 geeft de standaardschakeling voor het met grote nauwkeurigheid omzetten van een wisselspanning in een gelijkspanning. De schakeling maakt gebruik van de AD536AK, een zogenoemde "true RMS-to-DC-converter". Dit IC berekent de effectieve waarde van ieder soort wisselspanning, die men aan de ingang aanlegt. Dit geldt dus niet alleen voor zuivere sinusoidale spanningen, maar evenzeer voor driehoeken, zaagtanden, willekeurig gevormde signalen en zelfs voor op gelijkspanning gesuperponeerde wisselspanningen! Het IC is gedurende de fabricage met laserstralen afgeregeld en de nauwkeurigheid van de omzetting is dan ook bijzonder hoog: 0,2 % +/-2 mV. Door het toevoegen van twee externe instelpotentiometers is het zelfs mogelijk deze nauwkeurigheid op te voeren tot 0,1 %.
In principe berekent het IC de vierkantswortel uit het kwadraat van de gemiddelde waarde van de ingangsspanning en deze techniek maakt gebruik van zeer moeilijk zelf te bouwen schakelingen als

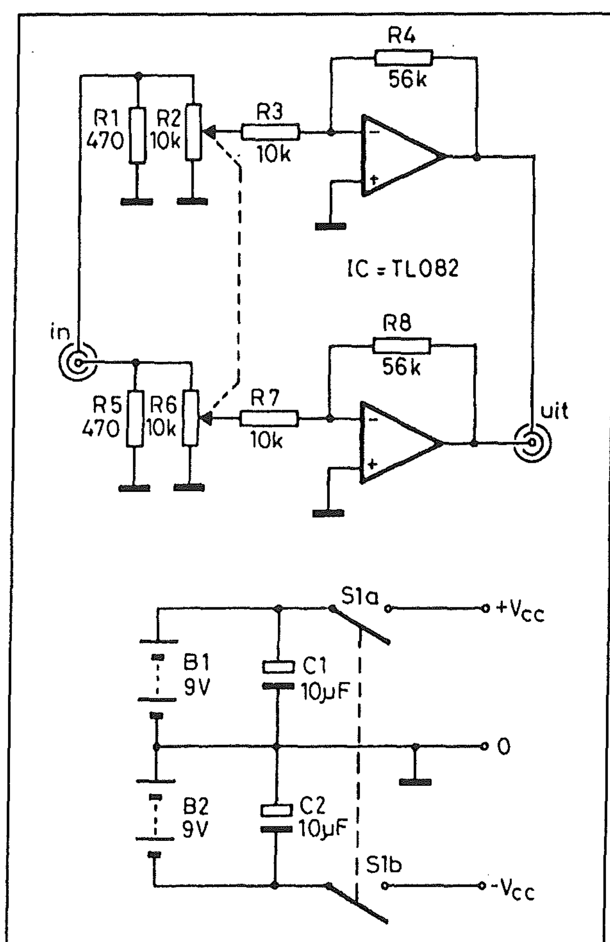
logaritmische versterkers en worteltrekkers.
Even in het kort de werking. IC1 vormt de zeer hoogohmige buffer, die absoluut noodzakelijk is om de uit 0,1 % weerstanden samengestelde ingangsdeler niet te belasten. Dit IC is beschermd tegen te grote ingangsspanningen door een weerstand en twee dioden. Men mag hiervoor geen gewone silicium-dioden zoals 1N4148 gebruiken, maar moet speciale dioden met zeer lage lekstroom op de kop zien te tikken. De uitgangsspanning van de buffer wordt via een instelpotentiometer R3 (uiteraard tien slagen!) aangeboden aan de ingang van de omzetter. De uitgang wordt van pen 6 afgenomen en kan rechtstreeks worden verbonden met de ingang van de DC-meter.
Het afregelen gaat als volgt. Leg de ingang aan de massa en meet de gelijkspanning op de uitgang van IC1. Regel deze offset op nul met behulp van R2 (ook tien slagen). Verplaats de meter naar pen 6 van de AD536AK en regel de eventueel toch nog aanwezige offset (hoogstens enige millivolt) weg met R6. Leg nu een exact bekende gelijkspanning van ongeveer 1,5 V aan de ingang en regel R3 af tot de uitgang precies dezelfde spanning voert. De effectieve waarde van een zuivere gelijkspanning is immers gelijk aan de gelijkspanning zélf en op deze manier heeft men een ideale manier ontdekt om de schakeling af te regelen zonder de beschikking te moeten hebben over referentie-wisselspanningsmeters of -bronnen!
De aansluitcodes van de AD536AK gelden voor de ceramische DIL-behuizing met 14 pennen.

### Hifi uit goedkope walkman!
Figuur 3/8.10.12-62 geeft een idee voor een schakeling die van pas kan komen voor de vele gebruikers van walkmans die niet tevreden zijn over de geluidskwaliteit van de standaard hoofdtelefoontjes van deze "personal audio"-apparaatjes. Een goedkope walkman met bijvoorbeeld een dure Senheisser hoofdtelefoon geeft een perfect resultaat als men de uitgang van de walkman afsluit met een eenvoudig versterkertje. Het uitgangssignaal van de meeste walkmans is immers iets te laag voor het aansturen van de 600 Ω impedantie van goede hoofdtelefoons. Dit volgt eigenlijk automatisch uit het feit dat deze apparaatjes slechts door 3 V worden gevoed.
Het schema van de versterker bestaat uit niets meer dan enige weerstandjes, een dubbele op-amp en twee kleine 9 V batterijtjes. De meeste op-amp's zijn immers best in staat een impedantie van 600 Ω rechtstreeks aan te sturen en dank zij de vele malen hogere voedingsspanning kan men het uitgangssignaal van de walkman een factor 5 á 10 versterken. Men kan deze versterking instellen door te experimenteren met de waarde van de weerstanden R4 en R8.
R2 en R6 kunnen zowel als logaritmische stereopotmeter worden ingebouwd als afzonderlijk. Men kan dan zowel volume als balans instellen. De schakeling kan ingebouwd worden in een klein kastje dat vast opgenomen is in het snoer tussen walkman en hoofdtelefoon.

### Gray code verklaard
De Gray-code wordt vaak toegepast, maar hoofdzakelijk in de industriële elektronica. Toch kan ook de doe-het-zelver er voordeel van hebben, maar dan zal deze vrij onbekende digitale code toegelicht moeten worden.
De Gray-code is dus een digitale code en net zoals de algemeen bekende binaire of

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

BCD-code bepaalt de combinatie van "H" en "L" signalen met welk decimaal getal de code overeen komt. De tabel van figuur 3/8.10.12-63 geeft de vier bit brede code voor alle decimale getallen tussen 0 en 15. Het lijkt alsof er geen enkel logisch verband bestaat tussen de opeenvolgende binaire combinaties, maar dat is slechts schijn! De Gray-code is namelijk de enige code waar er bij iedere overgang slechts één bit van waarde verandert.
Ga maar na: in de tabel zijn alle overgangen door pijltjes aangegeven en inderdaad, het klopt!
Wat is nu het belang van deze code?




**Figuur 3/8.10.12-62:** Eenvoudig nazet-versterkertje voor goedkope walkmen.

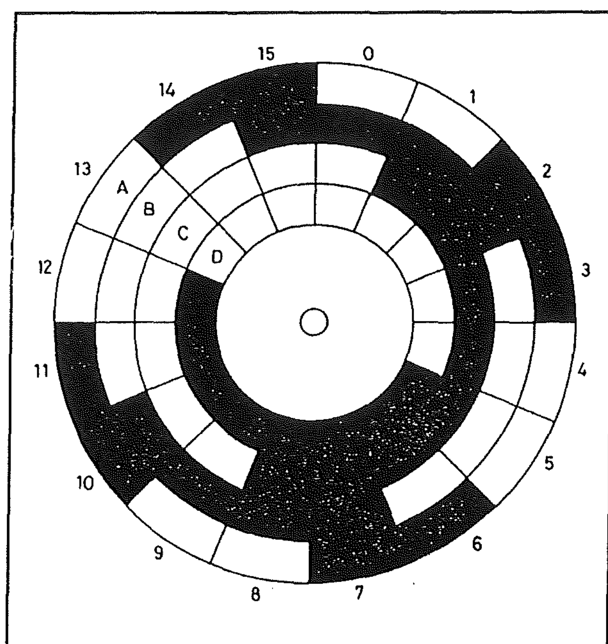
| Decimaal | Gray-code A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|
| 0 | L | H | L | L |
| 1 | L | H | H | L |
| 2 | H | H | H | L |
| 3 | H | L | H | L |
| 4 | L | L | H | L |
| 5 | L | L | H | H |
| 6 | H | L | H | H |
| 7 | H | H | H | H |
| 8 | L | H | H | H |
| 9 | L | H | L | H |
| 10 | H | H | L | H |
| 11 | H | L | L | H |
| 12 | L | L | L | H |
| 13 | L | L | L | L |
| 14 | H | L | L | L |
| 15 | H | H | L | L |
| 0 | L | H | L | L |

**Figuur 3/8.10.12-63:** Waarheidstabel van de Gray-code.

In de industriële elektronica (denk daarbij aan procesautomatisering) komt het vaak voor dat men een bepaalde hoek in een computersysteem moet inlezen. Ieder chemisch produktieproces barst van de kleppen en de stand van een klep kan worden gedefinieerd door de hoek die ontstaat tussen een bepaalde referentie-as en een punt op de omtrek van het bedieningswiel van de klep. Voor het elektronisch verwerken van deze klepstandinformatie gebruikt men hoekcodeurs of digitale resolvers. Het laatstgenoemde soort levert een analoog uitgangssignaal, de hoekcodeur echter levert rechtstreeks een digitale code af, waarvan de bit-per-bit

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

samenstelling onmiddellijk informatie geeft over de grootte van de verdraaiingshoek.
Het systeem is zeer eenvoudig. Op de as van de klep wordt een transparante schijf gemonteerd, die is onderverdeeld in een aantal sectoren. Iedere sector is weer verdeeld in een aantal transparante of zwarte segmenten, zie figuur 3/8.10.12-64.




**Figuur 3/8.10.12-64:** Een codeerschijf waarmee men hoekverdraaiingen kan omzetten in een Gray-code.

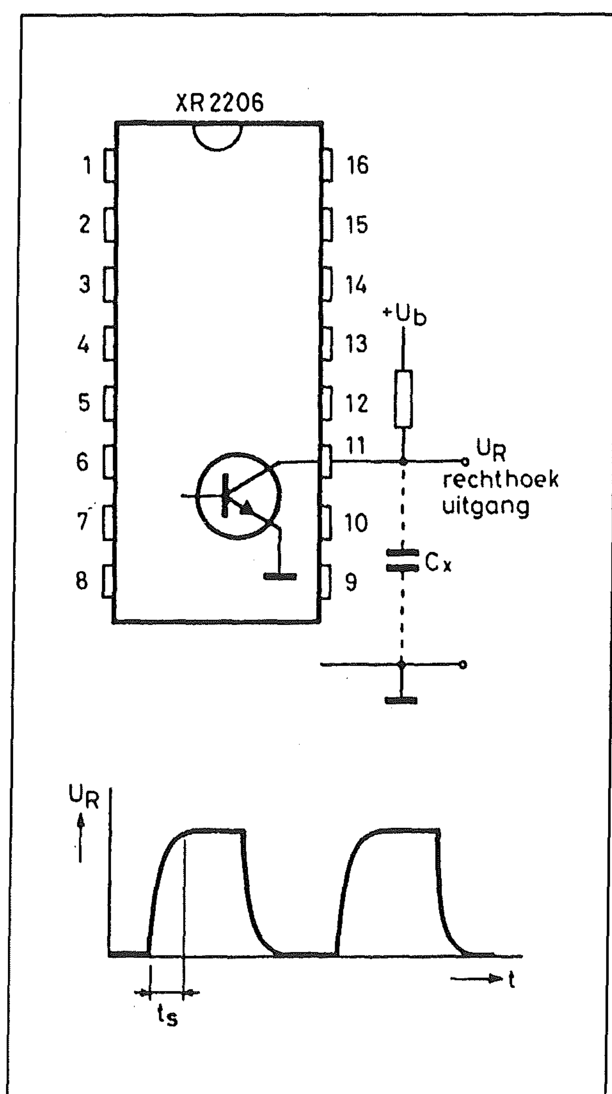
Het aantal sectoren bepaalt uit hoeveel bit de digitale code is samengesteld. Boven de schijf staat een lichtbron, onder iedere sector is een lichtgevoelige weerstand of foto-diode opgenomen. Gaat de as van de klep en dus de schijf draaien, dan wordt steeds een andere combinatie van LDR's of dioden belicht en uit de uit deze onderdelen afgeleide binaire signalen kan de elektronica de stand van de klep afleiden. Nu zou men in feite de segmenten volgens de binaire of BCD-code kunnen "verven". Maar daar er bij deze codes soms twee bits tegelijkertijd van waarde veranderen zouden er zeer hoge eisen worden gesteld aan de nauwkeurigheid waarmee de diverse zwarte en transparante segmenten op de schijf worden aangebracht. De geringste afwijking zou tot gevolg hebben dat twee bits, die in principe op hetzelfde moment van waarde moeten veranderen, dit met een miniem tijdverschil doen. Miniem naar menselijke maatstaven, maar voor een elektronische schakeling is een tijdverschil van een duizendste seconde natuurlijk al ontzettend groot en goed meetbaar. Het gevolg is dat er verkeerde codes zouden kunnen worden ingelezen en dus volstrekt foutieve klepstanden worden vastgesteld. Met de Gray-code heeft men daar geen last van! Er verandert bij iedere overgang immers slechts één bit van waarde. Als er een voor- of achterflank op één van de digitale leidingen wordt vastgesteld weet men dat de klep van positie is veranderd en kan men onmiddellijk de nieuwe code inlezen zonder rekening te moeten houden met onnauwkeurigheden in de schijf of de plaats van de fotodioden.

**Functiegenerator XR2206 opwaarderen**

Dat de XR2206 in staat zou zijn, zoals door de fabrikant in de data-bladen wordt beweerd, op pen 11 een blokspanning op te wekken met een stijgtijd van 250 ns en een daaltijd van 50 ns is niets meer dan een leuk grapje! Niet dat het een leugen is, oh nee, want wat er in zeer kleine lettertjes wordt bijverteld is dat dit alleen geldt bij een capacitieve belasting van pen 11 van niet meer dan 10 pF. Nu vormt een kwalitatief hoogstaande en zeer dure meetprobe al een capacitieve belasting van 67 pF, dus het zal wel duidelijk zijn dat de door de fabrikant gegeven testcondities niet reëel zijn. Het probleem ontstaat door de

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

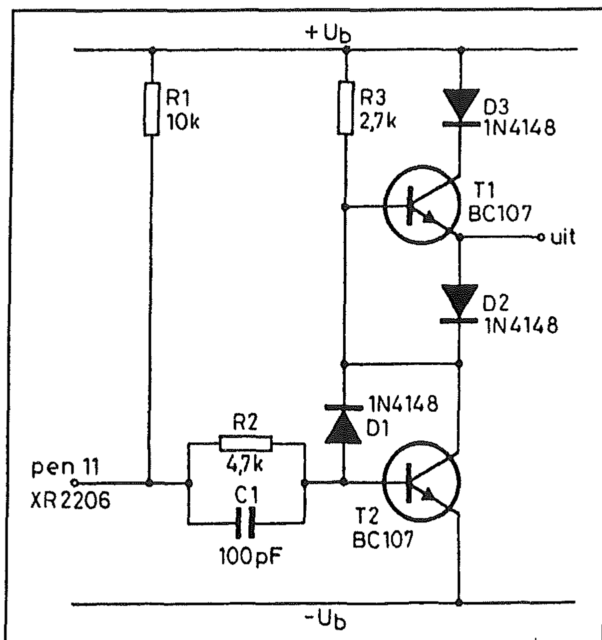
tamelijk simplistische schakeling rond de blokgolf-uitgang op pen 11 van het IC. Zoals geschetst in figuur 3/8.10.12-65 is deze uitgang aangesloten op de collector van een transistor. De blokgolf ontstaat door deze uitgang door middel van een externe weerstand te verbinden met de positieve voedingsspanning. De transistor wordt open en dicht gestuurd en in principe ontstaat dus op de collector een mooie blokgolf.




**Figuur 3/8.10.12-65:** De interne schakeling van de blokgolfuitgang van de XR2206.

In principe, omdat geen rekening wordt gehouden met de paracitaire capaciteit C, aanwezig tussen pen 11 en massa. Deze niet als "echte" condensator aanwezige capaciteit is samengesteld uit de capaciteit tussen koperbanen op de print (ieder paar door een isolator gescheiden geleiders vormt immers een capaciteit!), de ingangscapaciteit van meetapparatuur, de paracitaire capaciteit van alle overige op pen 11 aangesloten onderdelen enzovoort. Deze capaciteit, die al gauw enige tientallen pF's kan bedragen, vormt met de collectorweerstand een laagdoorlaat filter dat er voor zorgt dat de hogere harmonischen uit het signaal worden verzwakt. In principe komt het er op neer dat bij het naar sperren schakelen van de transistor eerst condensator C moet worden opgeladen tot de voedingsspanning en dit gaat steeds, zoals bekend, volgens een exponentiële wet. Vandaar de zeer grote stijgtijd $t_s$ die in feite de laadkromme van de paracitaire capaciteit volgt.
Gelukkig kan men door een tamelijk eenvoudige extra schakeling de blokgolf van de XR2206 verfraaien. Deze schakeling, die is afgeleid van de in TTL-IC's toegepaste eindtrap van een poort, is getekend in figuur 3/8.10.12-66. De schakeling bestaat uit twee in serie geschakelde transistoren, die in feite een elektronische omschakelaar vormen. Het "moedercontact" van deze schakelaar is verbonden met de uitgang, de twee overige "contacten" met respectievelijk de positieve en negatieve voedingsspanningen. Als de interne transistor spert zal er via R1 en R2 een stroom op de basis van T2 vloeien.
Deze halfgeleider gaat geleiden en de uitgang wordt via D2 met de negatieve voeding verbonden. Soortgenoot T1 kan niet geleiden omdat op de basis een 0,7 V negatievere spanning dan de emitter staat

vanwege de aanwezigheid van diode D2. Gaat de in het IC verborgen transistor geleiden, dan zal T2 sperren. De basissturing valt immers weg. T1 kan nu geleiden, er vloeit stroom in de basis via R3 en de uitgang wordt doorverbonden met de positieve voedingsspanning.




**Figuur 3/8.10.12-66:** Externe schakeling die de stijgtijd van de blokspanningsuitgang verbetert.

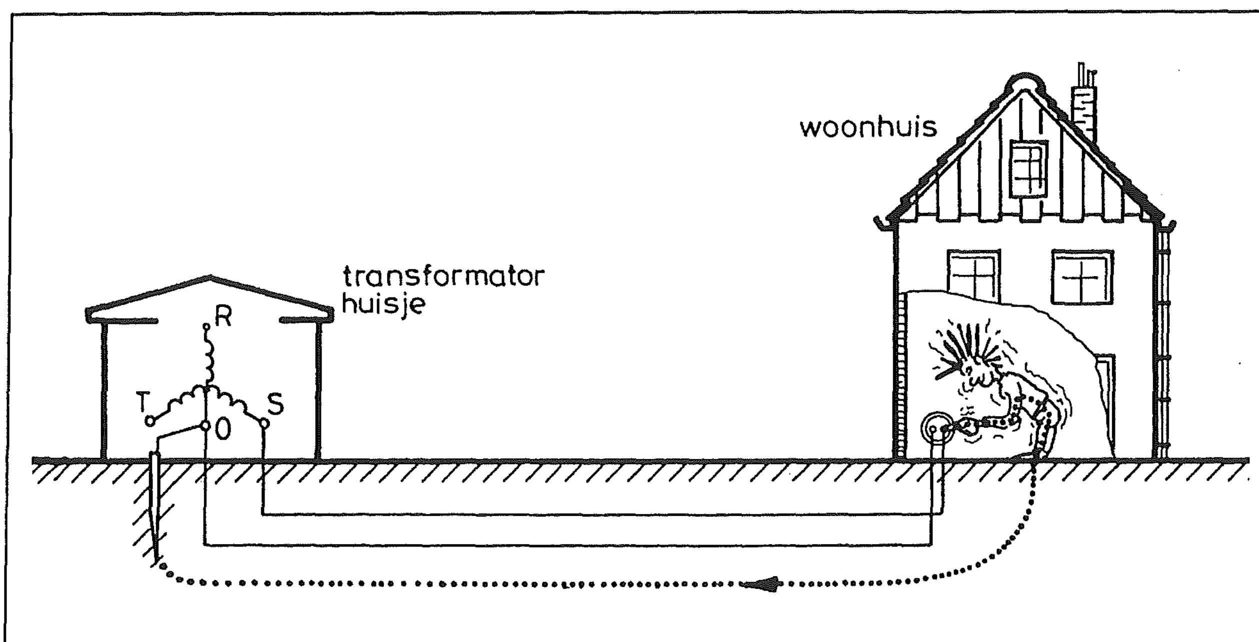
Deze schakeling is in staat mooie blokgolven te produceren tot enige honderden kHz'en. Condensator C1 is zeer belangrijk, want deze compenseert de paracitaire capaciteit tussen de basis en de emitter van T2. Het kan noodzakelijk zijn de waarde van dit onderdeel aan te passen als men de schakeling op print zet, omdat de waarde van 100 pF ideaal werd bevonden voor één bepaald printontwerp en dus een bepaalde waarde van de genoemde paracitaire capaciteit. Diode D1 zorgt ervoor dat transistor T2 niet in oververzadigde toestand kan komen, hetgeen de stijgtijd reduceert.

**230 V uit omvormer ongevaarlijk?**

Een omvormer fabriceert 230 V wisselspanning uit de 12 V van een accu. Is die spanning nu wél of niet gevaarlijk? Ja en nee. Het is niet gevaarlijk één pool van de 230 V uitgangsspanning aan te raken, terwijl het wél zeer gevaarlijk kan zijn de fase van het normale net te omarmen.

Zoals getekend in figuur 3/8.10.12-67 wordt één ader van de kabel waarmee de 230 V netspanning in het huis binnenkomt met aarde verbonden. Dat noemt men "de nul" en deze kabel is, als het goed is, steeds voorzien van een blauwe isolatie. Waarom men dat doet is niet in een-twee-drie uit te leggen. Het heeft te maken met de manier waarop elektriciteit wordt geproduceerd en verdeeld. De tweede ader noemt men "de fase" en deze wordt uitgevoerd met bruine bedrading. Raakt men nu per ongeluk de fasedraad aan, dan zal er een aardstroom lopen door het lichaam vanuit de fase naar aarde. Deze stroom kan levensgevaarlijk zijn en vandaar dat het tegenwoordig verplicht is zogenoemde lekstroomschakelaars in de installatie op te nemen die het vloeien van dit soort lekstromen detecteren en onmiddellijk de elektriciteitstoevoer afsluiten. Hetgeen overigens niet wil zeggen dat men zonder bezwaar de nulleider kan aanraken! Hoewel deze ergens met aarde is verbonden wil dit niet per definitie zeggen dat deze geleider steeds op aardpotentiaal staat! Een en ander is afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden, de symmetrische belasting van de drie fasen die voor het verdelen van de elektriciteit worden gebruikt etc. Bij een uit een accu opgewekte wisselspanning zijn beide aansluitingen van de 230 V in principe vrij van de aarde en er kunnen dus geen aardingsstromen vloeien bij het aanraken van één pool van de uitgang.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

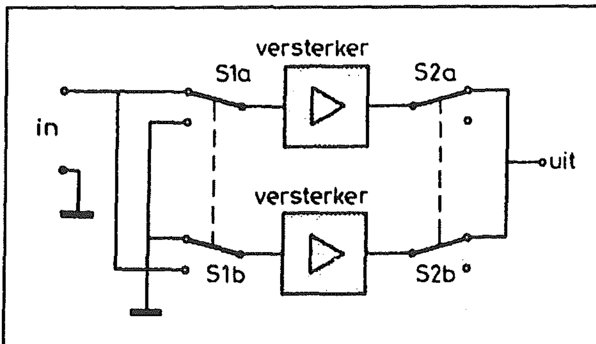



**Figuur 3/8.10.12-67:** Een sterk vereenvoudigde voorstelling van het officiële wisselspanningsnet.

Maar dit is alleen het geval als de min van de accu niet met massa en/of aarde is verbonden en de schakeling geen enkele lekweerstand naar aarde heeft.
Dat het net zo gevaarlijk is beide polen van een uit een accu opgewekte 230 V wisselspanning aan te raken als bij het normale net zal wel geen toelichting behoeven!

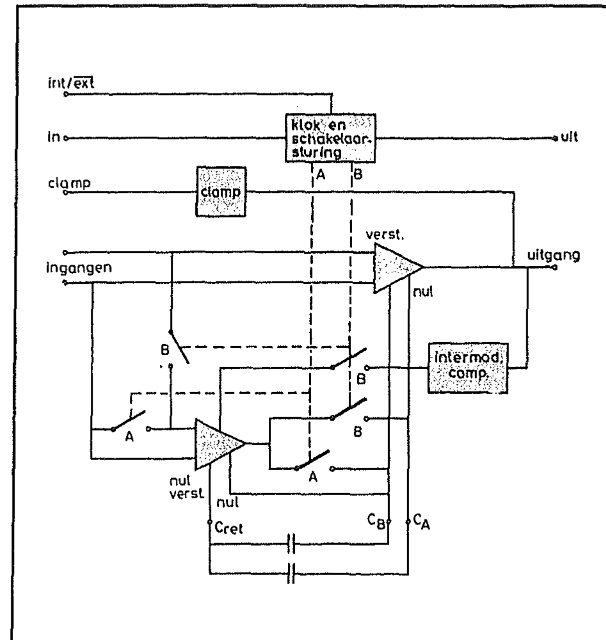
**µV-versterker**
Wie met thermokoppels werkt om bijvoorbeeld de temperatuur van een pottenbakkers oventje nauwkeurig te meten, staat voor het probleem dat hele kleine gelijkspanningen versterkt moeten worden. Thermokoppels leveren immers maar een verschilspanning van ongeveer 50 µV per graad celsius! Wil men met een nauwkeurigheid van bijvoorbeeld 25 °C meten tussen 0 °C en 1.000 °C, dan moet de versterker reageren op spanningen van slechts 1 mV! Het zal duidelijk zijn dat men dergelijk bijzonder kleine spanningen niet met de gebruikelijke operationele versterkers kan behandelen. Deze hebben een offsetspanning die vele malen groter is dan de vereiste resolutie en wat meer is een eigen ruisspanning die in de buurt komt van de te versterken gelijkspanning.
Voor dit doel staan echter speciale versterkers ter beschikking, zogenoemde chopper-versterkers. In principe zijn deze versterkers al bijna net zo oud als de elektronica. De techniek werd ontwikkeld om kleine gelijkspanningen met de toenmalige buizenversterkers te kunnen verwerken. In principe komt het er op neer dat men de te versterken gelijkspanning door middel van snelle schakelaars omzet in een blokspanning, deze versterkt en het versterkte wisselspanningssignaal nadien met een identiek stel synchroon werkende schakelaars omzet in een gelijkspanning.
Het fundamentele schema van een chopper-versterker is getekend in figuur 3/8.10.12-68.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

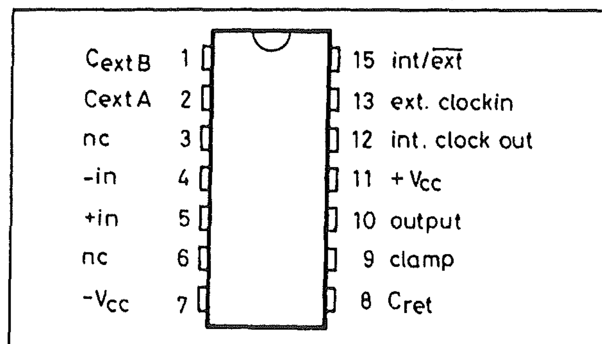



**Figuur 3/8.10.12-68:** Het principe van een chopper-versterker.

Het ingangssignaal wordt omgezet in twee blokspanningen die ten opzichte van elkaar zijn geïnverteerd. De twee uitgangsschakelaars zorgen ervoor dat de twee versterkte geïnverteerde uitgangssignalen worden omgezet in een gelijkspanning.
Op dit moment bestaan er volledig geïntegreerde chopper-versterkers, die niet helemaal volgens het net besproken principe werken, maar waarbij wel elektronische schakelaars worden gebruikt voor het tot zo goed als nul reduceren van ingangsoffsetspanningen en driftverschijnselen. Intersil levert bijvoorbeeld zo'n "chopper stabilized operational amplifier" onder het typenummer ICL7650. Deze versterker wordt gekenmerkt door een ingangsoffset van slechts 1 µV (!) over het volledige temperatuurgebied, een offsetstroom van 0,5 pA (!), een common-mode-rejection-factor van meer dan 130 dB en een naar de ingang teruggerekende ruisspanning van maximaal 2 µV top-top. Het verloop van de offset wordt gegarandeerd als minder dan 100 nV per maand. Het IC heeft een open lus versterking van 5 * $10^6$ en een bandbreedte van 2 MHz. De interne chopper-frequentie bedraagt ongeveer 200 Hz.
Het interne schema en de aansluitgegevens van dit zeer bijzondere IC zijn getekend in figuur 3/8.10.12-69 en -70.




**Figuur 3/8.10.12-69:** Intern blokschema van de ICL7650.

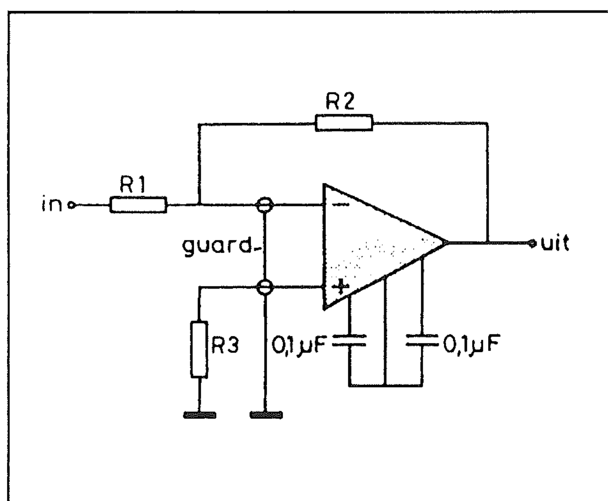



**Figuur 3/8.10.12-70:** Aansluitgegevens van de ICL7650.

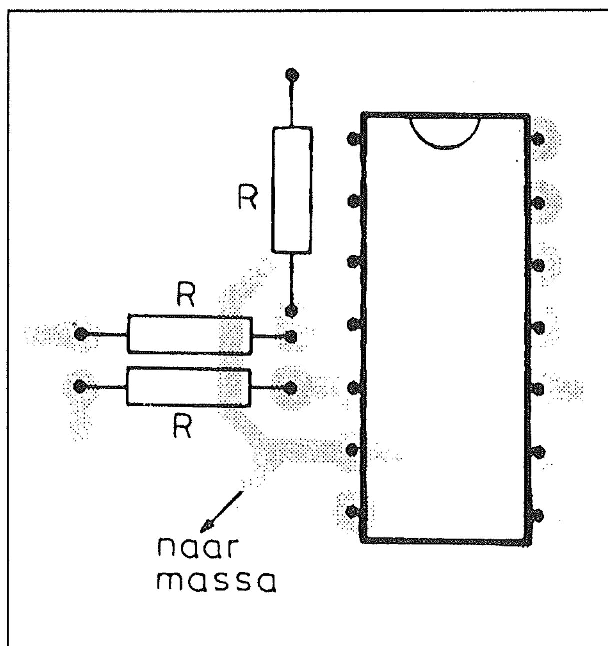
Het gaat in het kader van dit praktijkgericht hoofdstuk te ver op alle eigenschappen en speciale schakeltechnieken van dit IC in te gaan. Figuur 3/8.10.12-71 geeft een voorbeeldje van een inverterende versterker volgens de virtuele-massatechniek. De twee ingangen van het IC staan op massa-potentiaal en moeten op de print worden afgeschermd ten opzichte van de rest van de schakeling. Vandaar dat de pennen 3 en 6 van het IC de benaming

*(wordt vervolgd)*

GUARD dragen. Men kan deze pennen (die intern nergens mee zijn verbonden) gebruiken voor het samenstellen van een guardings-lus rond de twee ingangen, zie figuur 3/8.10.12-72.



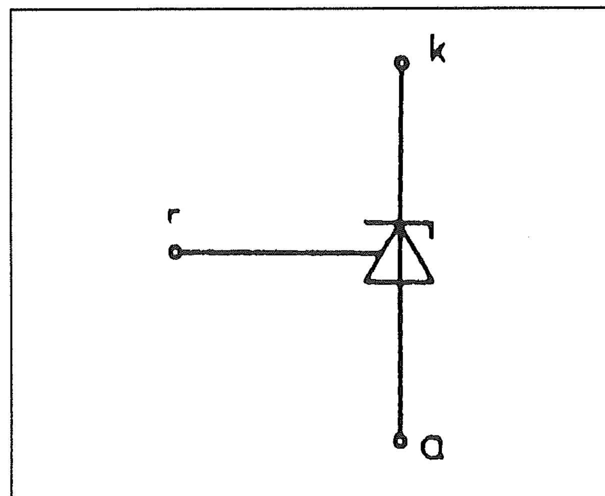

**Figuur 3/8.10.12-71:** Inverterende versterker rond de ICL7650.




**Figuur 3/8.10.12-72:** Het principe van guarding in de praktijk gebracht.

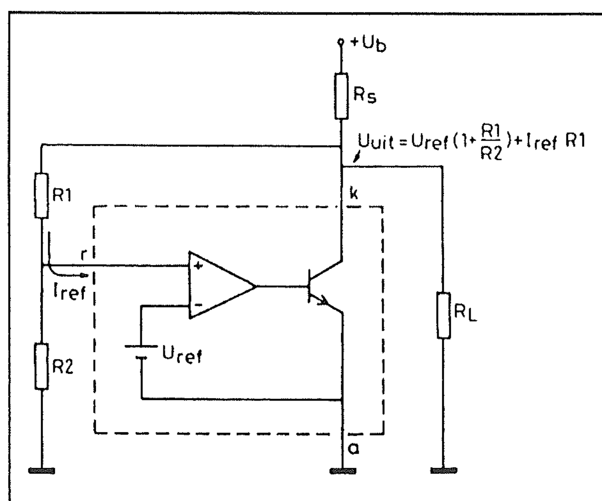
De print en alle onderdelen van de voorversterker moeten op dezelfde temperatuur staan. Iedere verbinding tussen twee metalen (bijvoorbeeld de koppeling tin-lood-koper bij ieder soldeerpunt) werkt immers als thermokoppel dat een spanning opwekt van tussen de 0,1 en 3 µV per graad Celsius. Men moet dan ook zoveel mogelijk luchtturbulentie vermijden en het beste is de volledige voorversterker in te blikken. Na het solderen van alle onderdelen op de print moet men deze goed schoon maken met alcohol en droog blazen met lucht. Kortom, een voorbeeld van niet alledaagse elektronica en zeer zeker niet een probleem waar zo maar een standaardantwoord op te geven valt!

**Programmeerbare zenerdiode verklaard**
Soms leest men in bouwbeschrijvingen de term "programmeerbare zenerdiode". Deze term wordt weliswaar vaak gebruikt voor dit soort onderdelen, maar in feite worden hiermee zogenoemde shuntstabilisatoren bedoeld.
Het symbool van zo'n stabilisator is getekend in figuur 3/8.10.12-73.




**Figuur 3/8.10.12-73:** Het symbool van een shuntregulator.

Hoewel men uit dit symbool wel zou kunnen afleiden dat er toch enig verband bestaat met een gewone zenerdiode, helpt het interne blokschema van de TL431 (figuur 3/8.10.12-74) om de functie van het onderdeel te begrijpen.




**Figuur 3/8.10.12-74:** Het intern schema van een shuntstabilisator.

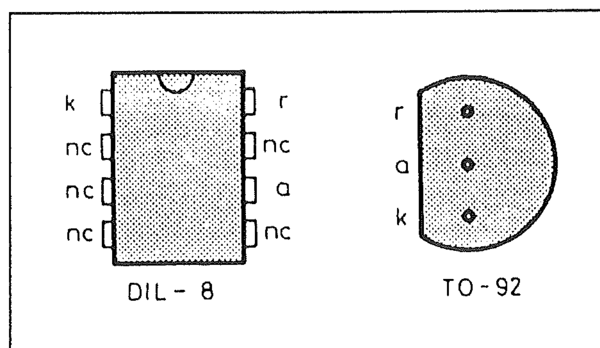
Een shuntstabilisator is samengesteld uit een nauwkeurige spanningsbron $U_{REF}$, een operationele versterker en een eindtransistor. Uit deze afbeelding volgt het standaard aansluitschema. De eindtransistor wordt met een weerstand Rs in serie tussen de massa en een positieve voedingsspanning geschakeld, de belastingsweerstand $R_L$ staat parallel over de transistor. De derde ingang R is aangesloten op een spanningsdcler tussen de "kathode" en de "anode" van het onderdeel.

De operationele versterker zal de transistor zover open sturen dat de spanning op de R-ingang gelijk wordt aan de spanning $U_{REF}$. Een tegengekoppelde op-amp stelt zichzelf immers steeds zo in, dat het spanningsverschil tussen beide ingangen gelijk wordt aan nul. In feite is een shuntstabilisator dus een miniatuur gestabiliseerd voedinkje met een op-amp als verschilversterker en men kan de uitgangsspanning berekenen uit de formule die in figuur 3/8.10.12-75 gegeven is.

$$U_{UIT} = U_{REF}\left(1 + \frac{R1}{R2} + I_{REF}\right) R1$$

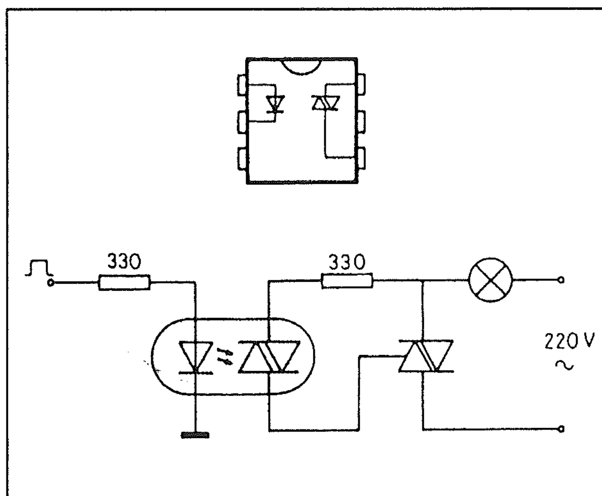
**Figuur 3/8.10.12-75:** Het berekenen van de uitgangsspanning van een shuntstabilisator.

Nu zal in de meeste gevallen de juiste waarde van $I_{REF}$ niet bekend zijn, vandaar dat men de twee weerstanden R1 en R2 vervangt door een instelpotentiometer, waarvan de loper met de R-ingang van de stabilisator wordt verbonden. De interne referentie $U_{REF}$ is bij de TL431 ongeveer gelijk aan 2,5 V. Door de verhouding tussen R1 en R2 te variëren kan men de uitgangsspanning instellen tussen deze 2,5 V en ongeveer 36 V. De stabilisator kan 100 mA stroom opnemen en de inwendige weerstand is gelijk aan 0,22 Ω. Het IC wordt in twee uitvoeringen geleverd, namelijk in DIL-8 en TO-92. De aansluitgegevens volgen uit figuur 3/8.10.12-76.




**Figuur 3/8.10.12-76:** De aansluitgegevens van de twee uitvoeringen van de TL431.

**230 V wisselspanning uit de computer**
Wie een oude computer wil gebruiken voor het regelen van zaken in huis zit met het probleem hoe men uit de +5 V computersignalen netbelastingen kan schakelen. Er zijn optische koppelingen in de handel waarbij de traditionele fotogevoelige transistor is vervangen door een fotogevoelige hoogspanningsdiac. Motorola levert bijvoorbeeld de MOC3020, waarvan het interne schema en de basistoepassing zijn gegeven in figuur 3/8.10.12-77.

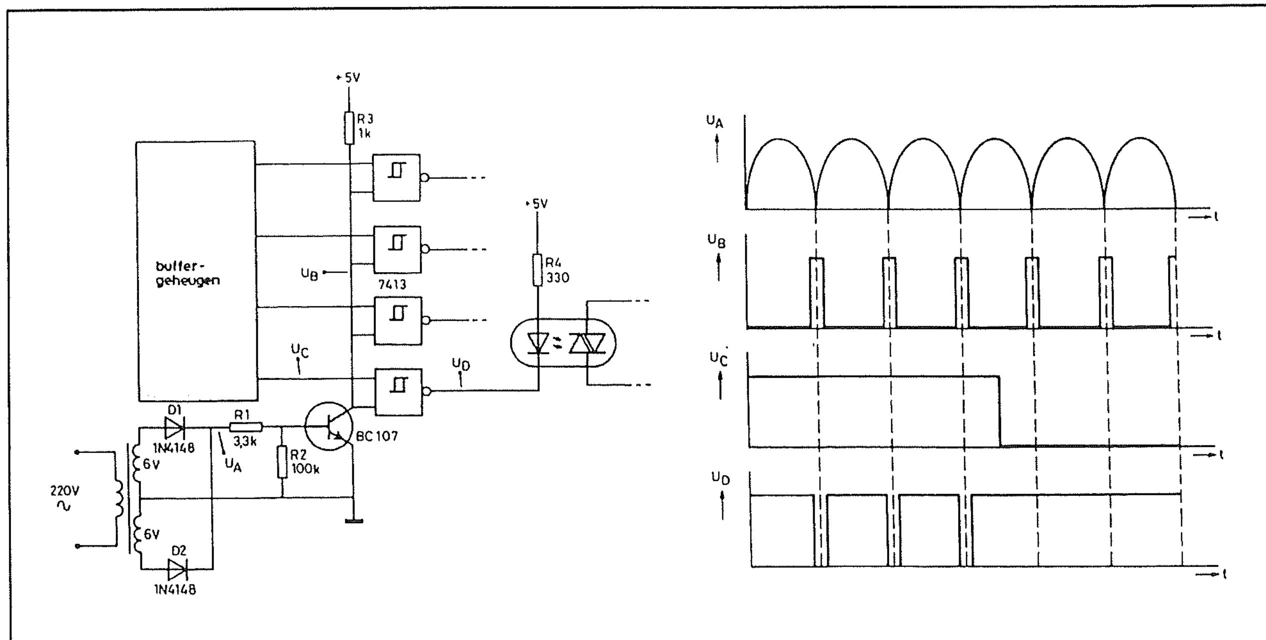



**Figuur 3/8.10.12-77:** De basisschakeling rond een optische koppelaar met fotogevoelige diac.

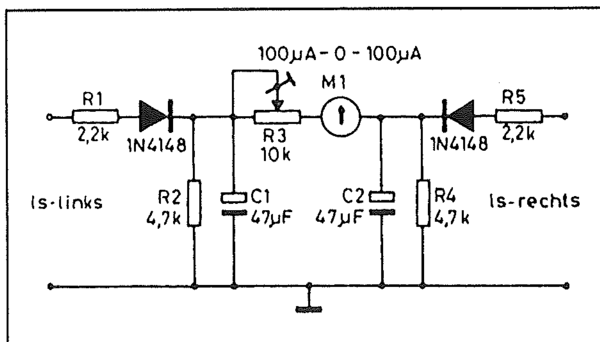
Op het moment dat men de LED in de optische koppeling aanstuurt gaat de diac geleiden en deze levert de ontsteekstroom voor de triac in de lampkring. De fotogevoelige diac zélf heeft een stroomcapaciteit van 100 mA, het is dus mogelijk kleine lampjes tot 20 W rechtstreeks in serie met het net op de foto-diac aan te sluiten! De LED in de koppeling kan rechtstreeks uit een TTL-buffergeheugen worden bestuurd. Wat misschien niet zo bekend is, is dat men op een zeer eenvoudige manier het geheel kan synchroniseren met de nuldoorgangen van de netspanning. Dit heeft als groot voordeel dat de triacs alleen kunnen ontsteken op het moment dat de netspanning aan een nieuwe cyclus begint met als gevolg dat de stroom door de belasting niet plotseling opkomt, maar ook sinusoidaal verloopt. Figuur 3/8.10.12-78 geeft een voorbeeld van de daarvoor noodzakelijke uitbreidingen. De data-uitgangen van het buffergeheugen gaan nu niet rechtstreeks naar de LED's in de optische koppelingen, maar via Schmitt-trigger NAND-poorten. De tweede ingang van iedere poort is aangesloten op de uitgang van een zeer eenvoudige nuldoorgangsdetector. Met behulp van een zeer kleine trafo en twee dioden wordt de netspanning omgezet in een pulserende gelijkspanning. De basis van de transistor is op deze gelijkgerichte, maar niet afgevlakte wisselspanning aangesloten. Het gevolg is dat de transistor steeds geleidt, behalve kort voor tot kort na de nuldoorgang van de wisselspanning. Deze positieve pulsjes worden aan de onderste ingangen van de Schmitt-triggers aangeboden. Als een van de data-lijnen "H" is zal de uitgang van de poort "L" worden rond de nuldoorgang van de netspanning. Deze korte lage puls stuurt een stroom door de LED van de optische koppeling en de diac gaat geleiden.

**Stereo balansmeter**
Hoewel het nut van een balansmeter op een stereoversterker twijfelachtig is, is het niet moeilijk zo'n instrument in een versterker in te bouwen. Enige voorwaarde is dat beide eindversterkers een gemeenschappelijk punt aan de massa hebben, met andere woorden dat één van de luidsprekeraansluitingen rechtstreeks aan de massa ligt. Dit is niet bij alle versterkers het geval, dus eerst controleren met een Ω-meter bij uitgeschakelde voeding!

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper




**Figuur 3/8.10.12-78:** Het synchroniseren van de ontsteekmomenten met de nuldoorgang van de netspanning.



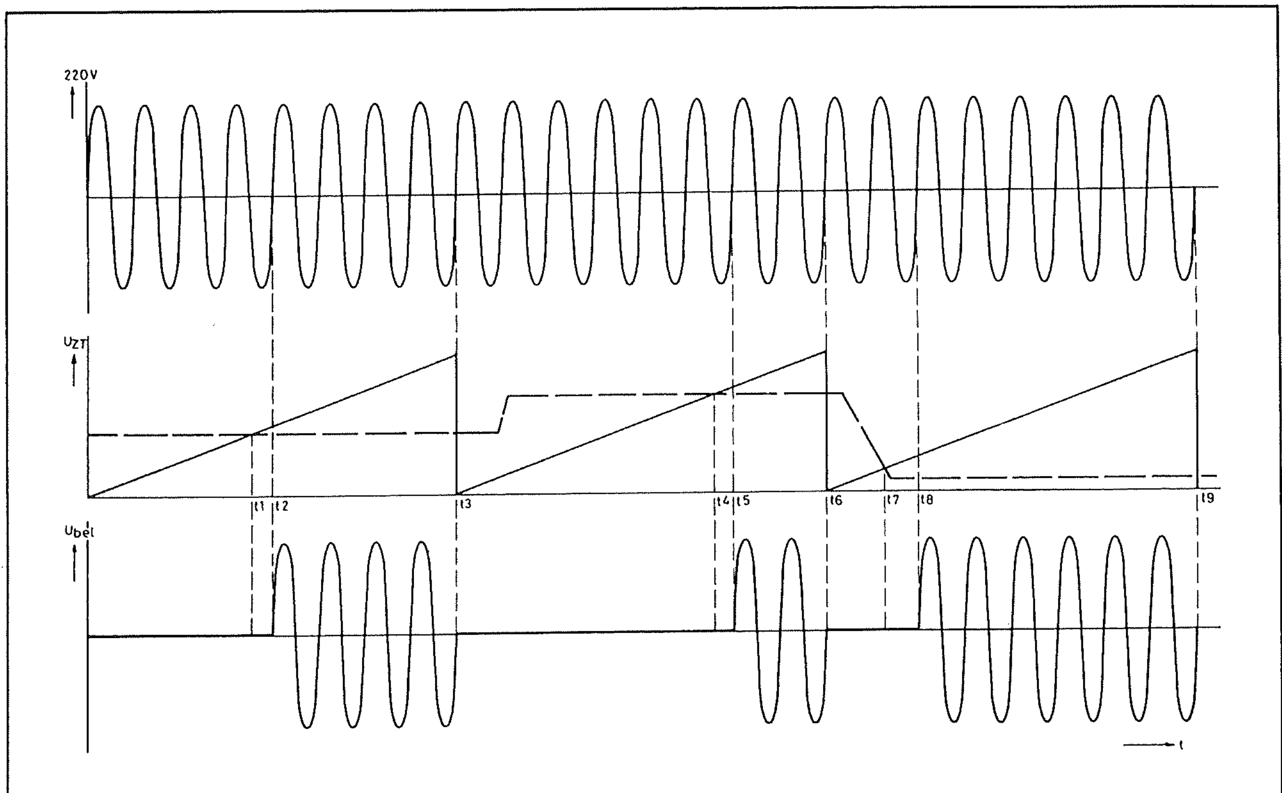

**Figuur 3/8.10.12-79:** Het schema van een eenvoudige analoge balansmeter.

Het schema is getekend in figuur 3/8.10.12-79. De condensator C1 laadt op tot de gemiddelde waarde van het linker luidsprekersignaal, soortgenoot C2 tot dat van het rechter kanaal. Tussen beide condensatoren staat dus een gelijkspanning waarvan de waarde afhankelijk is van het signaalverschil tussen links en rechts en de polariteit afhankelijk van welk kanaal momenteel het meeste signaal levert. Men moet dus een meter met midden nulpunt gebruiken. De voorschakelweerstand kan worden gebruikt voor het afregelen van de gevoeligheid van de schakeling. Een kleine waarde van R3 betekent grote gevoeligheid, dus veel kans dat de meter in de hoek slaat.

### Thermostaatregeling met pakketbesturing

Wie een elektrisch kacheltje elektronisch wil regelen gebruikt daar meestal een simpele AAN/UIT-regeling voor. U weet wel, een thermistor als sensor, een comparator als vergelijker en een eindtrapje dat een zwaar relais bestuurt.
Maar waarom geen gebruik maken van de allermodernste technieken die ter beschikking staan? Tegenwoordig gebruikt men voor het elektronisch regelen van temperaturen zogenoemde pakket- of burstbesturingen. Bij dit systeem, waarvan het principe geschetst is in figuur 3/8.10.12-80, worden afhankelijk van het vermogen dat moet worden opgewekt, één of meerdere volledige perioden van de 50 Hz netspanning cyclisch aan de verbruiker aangeboden.

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper




**Figuur 3/8.10.12-80:** Het principe van pakketbesturing.

Een cyclus komt overeen met een bepaald aantal perioden van de netspanning en de duur van een cyclus wordt bepaald door de periode van een zaagtand. In het getekende voorbeeld omvat één cyclus dus acht perioden. De zaagtand wordt in een comparator vergeleken met een terugkoppelspannning, bijvoorbeeld de uitgangsspanning van een temperatuursensor. Op het moment dat beide signalen aan elkaar gelijk worden (tijdstippen t1, t4 en t7) wordt een logische schakeling geactiveerd, die de nuldoorgang van de eerstvolgende netsinus detecteert (tijdstippen t2, t5 en t8) en eerst op dat ogenblik de netspanning met het verwarmingselement verbindt. Op het ogenblik dat de zaagtand naar nul gaat (ook dit verloopt synchroon met het einde van een netperiode), dus op de tijdstippen t3, t6 en t9 in het voorbeeld, wordt de verbinding tussen net en verbruiker weer onderbroken. Dit systeem heeft een aantal voordelen boven de traditionele fase-aansnijregeling. Omdat bij zuiver ohmse belastingen (en dat is een verwarmingselement per definitie) spanning en stroom in fase zijn zullen er geen plotse stroompieken optreden bij het inschakelen van het verwarmingselement. Het systeem wekt dan ook absoluut geen stoorpulsen op en dit bespaart uitgebreide en dure ontstoorschakelingen. Uit de figuur volgt immers overduidelijk dat de verbruiker met het net wordt verbonden op het moment dat de stroom nul is!

Een tweede voordeel is dat men de nauwkeurigheid van het systeem kan instellen

door de periode van de zaagtand groter of kleiner te maken. Hoe langer de periode, hoe meer verschillende periode-pakketten er ter beschikking staan voor de regeling en hoe meer "standen" het verwarmingselement heeft. De volledige elektronica voor het samenstellen van zo'n pakketbesturing treft men heden ten dage uiteraard aan in één IC. Telefunken is de meest bekende fabrikant van dit soort schakelingen. In de figuren 3/8.10.12-81 en -82 zijn de aansluitingen, intern blokschema en voorbeeldschakeling van en met de U217B (burst firing zero voltage switch) gegeven. Het IC heeft een interne voedingsvoorziening en kan rechtstreeks met het net worden verbonden (pennen 5 en 7).

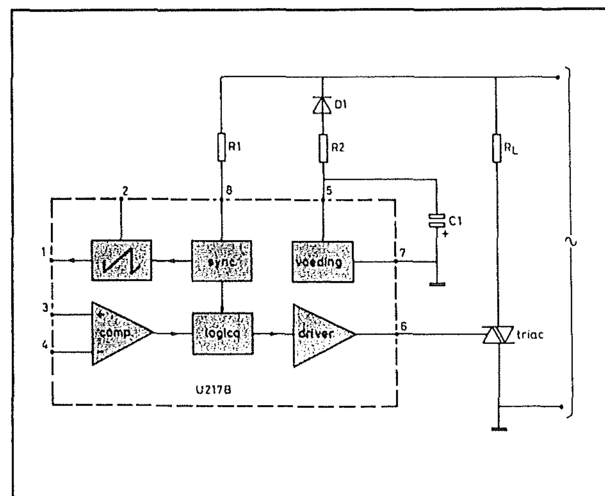
Een condensator tussen de massa en pen 2 bepaalt de periodeduur van de zaagtand. De zaagtand staat ter beschikking op pen 1 en kan rechtstreeks worden aangesloten op één van de ingangen van de interne comparator. De sync- en logicablokken zorgen voor het met het net synchroniseren van de zaagtand, het detecteren van de op de comparatorpuls volgende periode en het opwekken van ongeveer 250 µs brede ontsteekpulsen voor de triac.

De schakeling van figuur 3/8.10.12-82 is ideaal geschikt voor het besturen van een verwarmingselement. Met instelpotentiometer R3 kan men de temperatuur instellen tussen 10 °C en 30 ° C, de reële temperatuur wordt gemeten met behulp van een NTC-weerstand van 33 kΩ.

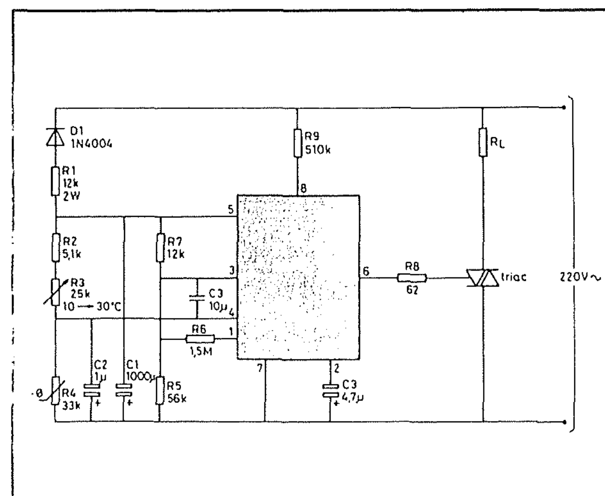
## Grieks alfabet uitgesproken

In de techniek en voornamelijk in de elektronica worden veel grootheden voorgesteld door Griekse letters. Nu weet iedereen wel dat α staat voor alfa, de stroomversterking en η voor êta, het rendement, maar er zijn een heleboel letters die vaak in formules worden gebruikt en die niet aan iedereen bekend zullen zijn.

Een overzichtje, dus, met eerst de kapitale letters (hoofdletters), dan de onderkastletters (kleine letters), vervolgens de uitspraak en tenslotte de "overeenkomstige" Latijnse onderkastletter(s). In de tabel van figuur 3/8.10.12-83 wordt het volledige Griekse alfabet op deze manier gepresenteerd.




**Figuur 3/8.10.12-81:** Intern blokschema en aansluitgegevens van de U217B.




**Figuur 3/8.10.12-82:** Voorbeeldschakeling rond de U217B.

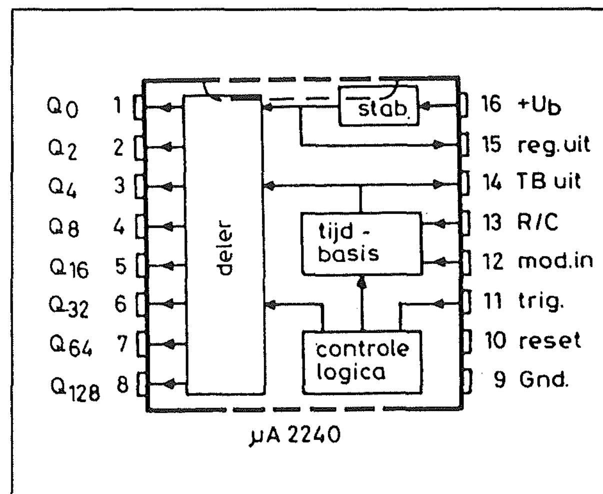
**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Α | α | alfa | a |
| Β | β | bêta | b |
| Γ | γ | gamma | g |
| Δ | δ | delta | d |
| Ε | ϵ | e-psilon | e |
| Ζ | ζ | zêta | dz |
| Η | η | êta | ê |
| Θ | ϑ | thêta | th |
| Ι | ι | iota | i |
| Κ | κ | kappa | k |
| Λ | λ | lambda | l |
| Μ | μ | mu | m |
| Ν | ν | nu | n |
| Ξ | ξ | xi (ski) | x |
| Ο | ο | o-mikron | o |
| Π | π | pi | p |
| Ρ | ρ | rho | r |
| Σ | σ | sigma | s |
| Τ | τ | tau | t |
| Υ | υ | u-psilon | u |
| Φ | φ | phi | ph |
| Χ | χ | chi (gi) | ch |
| Ψ | ψ | psi | ps |
| Ω | ω | o-mega | ö |

**Figuur 3/8.10.12-83:** Het Griekse alfabet.

**Timer voor zeer lange tijden**

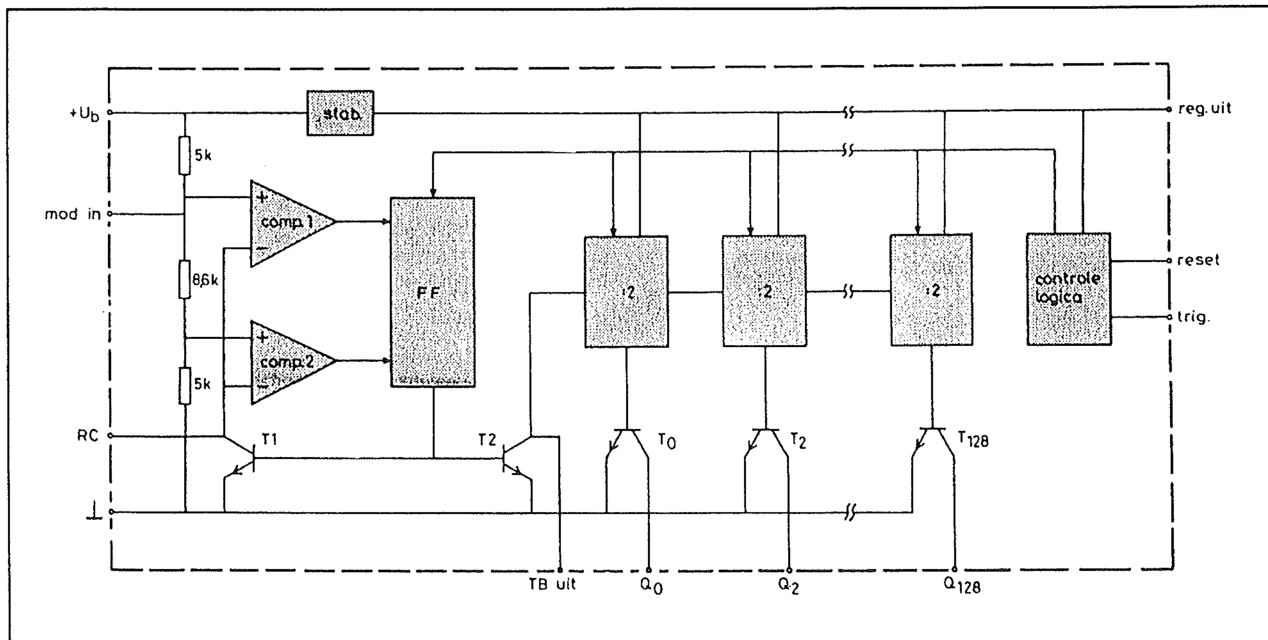
Wie een tijdschakelaar nodig heeft die zonder problemen grote tijdsintervallen van diverse uren moet schakelen, kan geen gebruik make van het meest bekende timer-IC, de 555. Gelukkig bestaan er voor dit soort problemen geïntegreerde alternatieven. Men zou bijvoorbeeld de µA2240 schakeling kunnen toepassen. Dit IC, waarvan de aansluitgegevens en het intern blokschema in figuur 3/8.10.12-84 zijn getekend, is speciaal ontwikkeld voor toepassingen waarbij het noodzakelijk is lange tijden in te stellen.



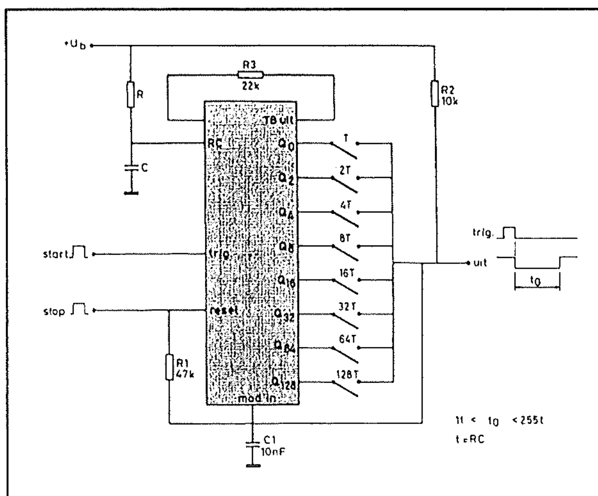

**Figuur 3/8.10.12-84:** Intern blokschema van de µA2240.

Het IC is samengesteld uit een tijdbasis, die te vergelijken is met de standaard-555, een delerketen met acht flip-flop's, de noodzakelijke besturingslogica en een interne gestabiliseerde voedingsschakeling. Uit figuur 3/8.10.12-85 kan men de werking van de schakeling afleiden. De tijdbasis bestaat uit twee comparatoren die een flip-flop besturen. De spanning op de RC-ingang wordt vergeleken met twee drempels, afgeleid van de resistieve spanningsdeler 5 kΩ, 8,6 kΩ en 5 kΩ. Sluit men op deze ingang een RC-netwerk aan (weerstand naar de +U, condensator naar massa, knooppunt van R en C naar de RC-ingang), dan zal de spanning over de condensator stijgen tot de bovenste drempel. Nadien slaat de flip-flop om en de interne transistor T1 ontlaadt de condensator tot de onderste drempel. De uitgang van deze timer stuurt een delerketen van acht tweedelers, die in cascade zijn geschakeld. Iedere uitgang wordt via een transistor met open collector naar buiten gebracht.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.12-85:** Het vereenvoudigd interne schema van de timer.




**Figuur 3/8.10.12-86:** Een voorbeeldschakeling rond de µA2240.

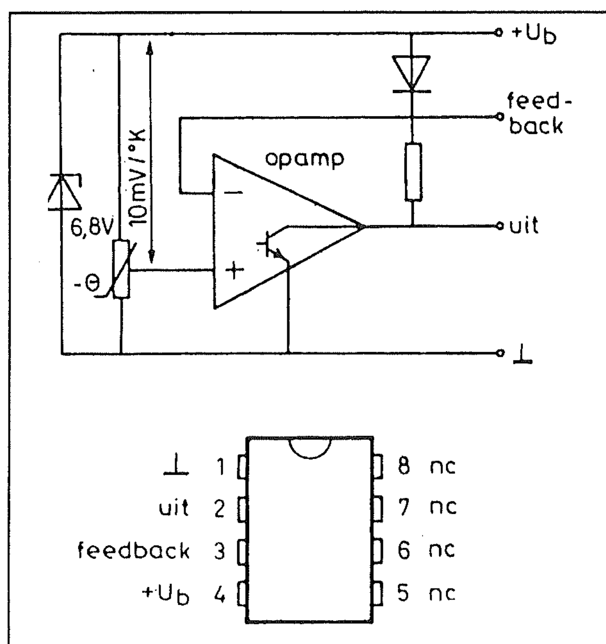
Het basisschema van een timer met een groot gebied met de µA2240 is getekend in figuur 3/8.10.12-86. De oscillatiefrequentie van de tijdbasis wordt bepaald door de waarde van de onderdelen R en C, geschakeld tussen de voeding, de RC-ingang van het IC en massa. De periodeduur van de uitgangspuls is een veelvoud van de RC-tijd en afhankelijk van de schakelaar-combinatie die wordt gesloten.
De schakeling wordt gestart door het aanleggen van een positieve puls op de trig-ingang. Door deze puls worden alle flipflop uitgangen "L". De uitgang zal nu ook naar "L" gaan, omdat de geleidende eindtransistoren via de gesloten schakelaars de weerstand R2 met de massa verbinden. Na verloop van de met de schakelaars ingestelde tijd zal de uitgang "H" worden en dit signaal reset de schakeling. De cyclus kan op ieder gewenst ogenblik worden onderbroken door het aanleggen van een positieve puls op de reset-ingang.

**Moderne temperatuurbesturing**

Voor het regelen van een temperatuur bestaan verschillende opties. Eén ervan is gebruik te maken van de LM3911 van NatSemi. De LM3911 bestaat, zoals blijkt uit het intern blokschema van figuur 3/8.10.12-87, uit een zenerdiode van 6,8 V, een temperatuursensor die een uit-

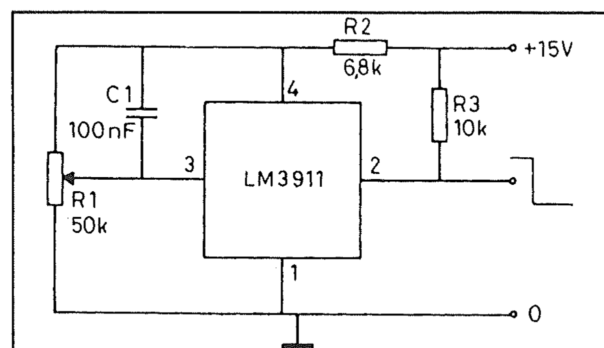
**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

gangsspanning afgeeft met een 10 mV/°K afhankelijkheid van de temperatuur en een operationele versterker waarvan de niet-inverterende ingang met de uitgang van de sensor is verbonden en de inverterende ingang naar buiten wordt gebracht.




**Figuur 3/8.10.12-87:** Intern blokschema en aansluitgegevens van de LM3911.

De fabrikant noemt het IC een "temperature controller" en dat is niet voor niets want wie het blokschema tot zich laat doordringen zal vaststellen dat er inderdaad niet veel nodig is om het IC om te vormen in een temperatuurgecontroleerde AAN/UIT-schakelaar. Kijk maar naar figuur 3/8.10.12-88! Het IC wordt gevoed door de +Ub-aansluiting via een serieweerstand R2 te verbinden met een spanning van + 15 V. Op de +Ub-aansluiting staat dan een gestabiliseerde spanning van ongeveer +6,85 V: de zenerspanning van de interne zener. Uit deze spanning wordt met behulp van de instelpotentiometer R1 een drempelspanning afgeleid, die bepaalt bij welke temperatuur de uitgang van het IC omschakelt van "H" naar "L". De operationele versterker wordt nu immers als comparator gebruikt, die de instelspanning vergelijkt met de uitgangsspanning van de sensor in het IC.



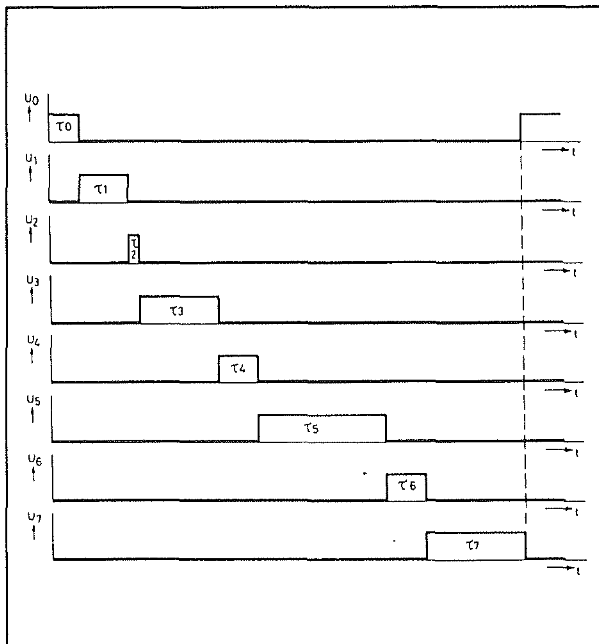

**Figuur 3/8.10.12-88:** Praktische schakeling rond de LM3911.

## Signalen met willekeurige breedte genereren

Voor bepaalde toepassingen moet men de beschikking hebben over pulsen, die elkaar in de tijd opvolgen, maar die ieder een eigen pulsbreedte hebben. Zo zou men het geheel kunnen gebruiken als een soort éénmalig in te stellen meerkanaals tijdklok. Zoiets is bij een heleboel werkzaamheden erg handig. Om maar dicht bij huis te blijven, men zou de beschikbare uitgangstijden kunnen gebruiken voor het timen van de verschillende produktiefasen van een print: belichten, ontwikkelen, etsen, lak verwijderen en drogen. Ook in de doka kan men heel wat nuttige toepassingen voor zo'n schakeling verzinnen. Echter, geen standaard probleem waar geen standaard oplossing voor bestaat! Het probleem is geschetst in figuur 3/8.10.12-89. De acht te genereren uitgangssignalen zijn genummerd van U0 tot en met U7, de breedte van de pulsen van t0 tot en met t7.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

Die breedte τ moet dus voor iedere puls individueel instelbaar zijn en dit over een zeer breed gebied. Bovendien moeten de pulsen zich cyclisch blijven herhalen: de achterflank van U0 start U1 en zo verder totdat de achterflank van U7 weer een nieuwe puls op de U0-lijn opwekt met breedte t0.

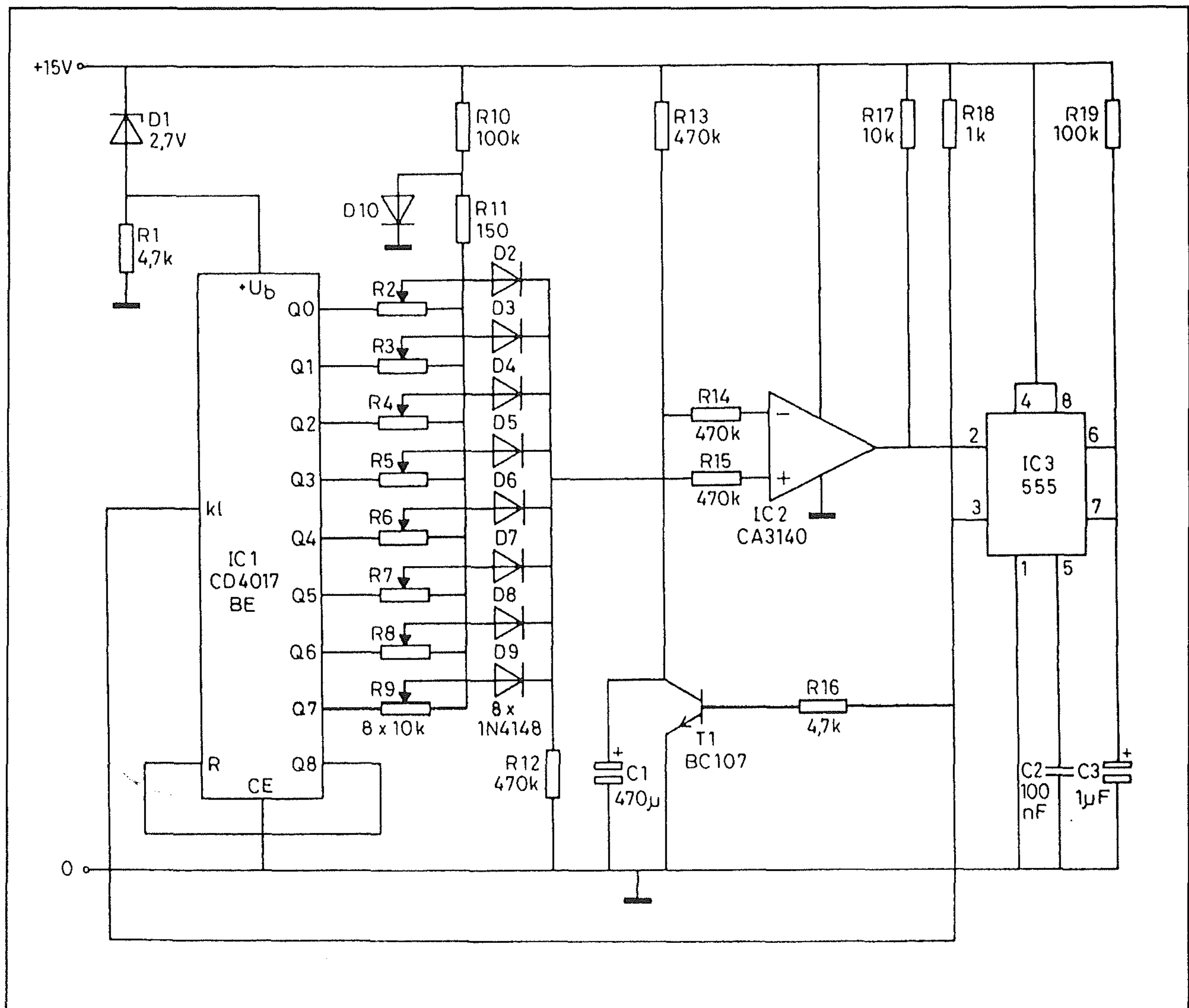



**Figuur 3/8.10.12-89:** Het probleem schematisch voorgesteld.

In principe is het best mogelijk zoiets met acht achter elkaar geschakelde timers van het type 555 te realiseren. Iedere schakeling wordt dan als monostabiele multivibrator gebruikt en het moet kunnen de schakeling zo te ontwerpen dat de achterflank van een puls de volgende AMV start. Een schakeling die hetzelfde doet, maar met veel minder onderdelen, is getekend in figuur 3/8.10.12-90. IC1, een CD4017BE, is een tienteller met gedecodeerde uitgangen. Dat wil zeggen dat op het ritme van de klok-puls (ingang KL) de tien uitgangen één na één hoog worden. Door de negende uitgang Q8 te verbinden met de reset (ingang R) zal het proces zich cyclisch herhalen op de uitgangen Q0 tot en met Q7.

Aan de eerste voorwaarde is dus voldaan: er ontstaat acht uitgangen waarop elkaar opvolgende pulsen verschijnen. Nu de variabele breedte. Op iedere uitgang is een potentiometer van 10 kΩ aangesloten. De overige uiteinden van deze onderdelen gaan naar een spanning van ongeveer +0,6 V over de door R10 in geleiding gehouden diode D10. Zoals blijkt uit het schema is de voedingsspanning van IC1 kunstmatig verlaagd door het tussenschakelen van een zenerdiode van 2,7 V. Door de lopers van de potentiometers te verdraaien kan men dus een spanning tussen ongeveer +0,6 V en ongeveer +12 V, van dë potentiometer die met de hoge uitgang verbonden is, aftakken. Deze spanning gaat via een scheidingsdiode (D2 tot en met D9) naar de niet-inverterende ingang van een operationele versterker IC2. De inverterende ingang is aangesloten op een RC-laadkring, samengesteld uit R13 en C1. Stel dat de condensator volledig ontladen is. Bij het aanschakelen van de voedingsspanning zal één van de uitgangen van IC1 "H" worden en zal er op de niet-inverterende ingang van de op-amp een spanning staan die wordt bepaald door de stand van de loper van de potentiometer die met de hoge uitgang van het IC is verbonden. De inverterende ingang staat op massa-potentiaal, de uitgang van de op-amp is ongeveer gelijk aan de voedingsspanning. De condensator gaat nu opladen. Op het moment dat de spanning over de condensator gelijk wordt aan de van de potentiometer afgetakte spanning klapt de als comparator geschakelde op-amp om, de uitgang gaat naar nul. Deze puls triggert de als monostabiele multivibrator geschakelde timer IC3.

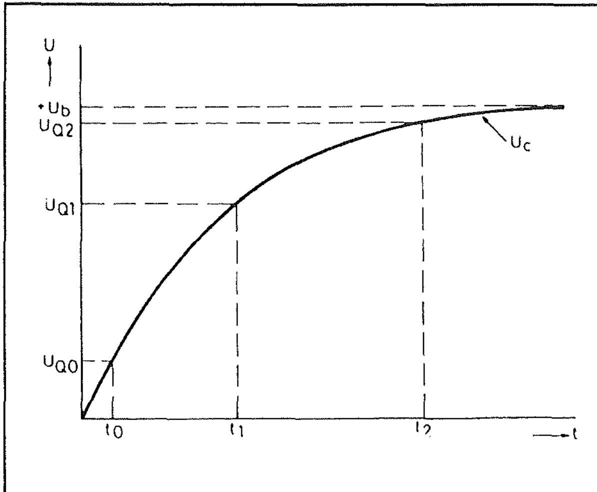
**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.12-90:** Een voorstel voor een schakeling die het geschetste probleem elegant oplost.

De uitgang (pen 3) wordt gedurende een door R19 en C3 bepaalde tijd hoog. Met de gekozen waarde is de breedte van de puls ongeveer 100 ms. Deze spanning stuurt transistor T1 in geleiding, de condensator wordt ontladen, de uitgang van de op-amp gaat weer naar "H". Tezelfdertijd zal de uitgangspuls van de timer de teller een stap verder laten tellen. De volgende uitgang wordt "H", de niet-inverterende ingang van de op-amp komt op een spanning te staan die wordt bepaald door de stand van de loper van de op de nu hoge uitgang aangesloten potentiometer. De cyclus herhaalt zich, maar de laadtijd van de condensator zal nu weer afhankelijk zijn van de stand van de "nieuwe" potentiometer. Uit de grafiek van figuur 3/8.10.12-91 volgt dat men met de potentiometers van 10 kΩ de pulsbreedte τ over een groot gebied kan instellen. Dit als gevolg van de specifieke asymptotische vorm van de laadcurve van de condensator. De spanning stijgt in het begin zeer snel en dus zal de condensator zeer snel laden tot spanningen tussen 0 V en onge-

veer de helft van de voedingsspanning. De pulsen op de uitgang zijn smal.



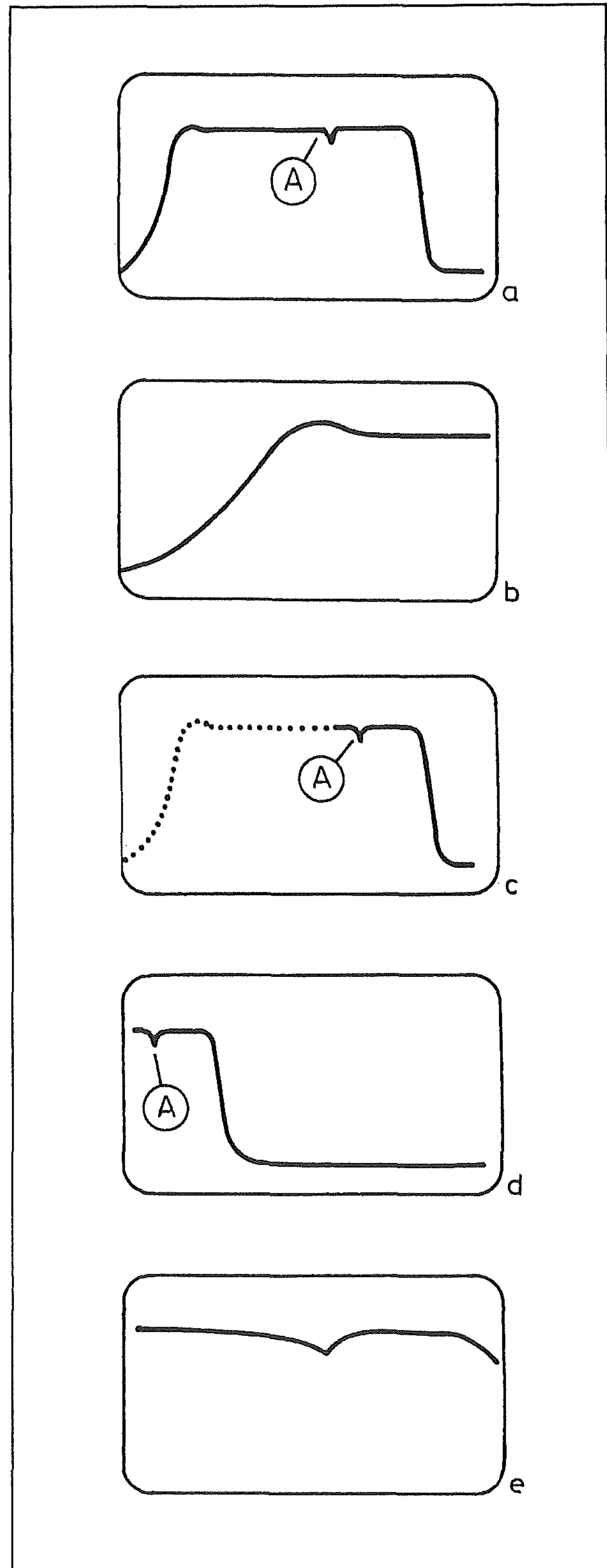

**Figuur 3/8.10.12-91:** Door de asymptotische laadcurve van een condensator kan men de breedte van de pulsen over een breed gebied instellen.

Hoe hoger men de spanning op de loper van de ingeschakelde potentiometer instelt ($U_{Q2}$ in de grafiek), hoe langer het door de steeds platter lopende laadkarakteristiek van de condensator duurt alvorens de comparator omslaat.

**Vertraagde tijdbasis bij oscilloscopen**

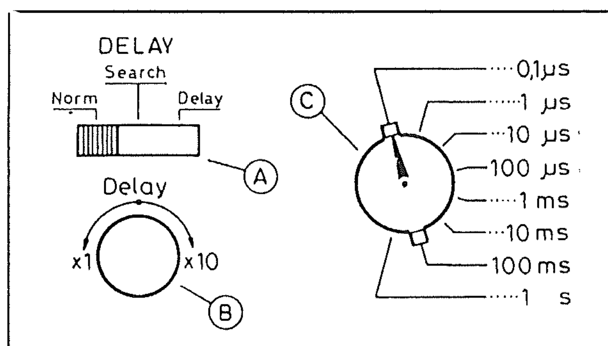
Moderne oscilloscopen zijn voorzien van een faciliteit die "delayed time-base" of vertraagde tijdbasis heet. Wat is dat precies en wat zijn de voordelen ervan?

Een voorbeeld, waaruit het voordeel van vertraagde tijdbasis onmiddellijk duidelijk wordt. Figuur 3/8.10.12-92a geeft het schermbeeld van een bepaald signaal. Dit signaal vertoont op punt A een vreemdsoortig "dipje" dat wel eens nader bekeken wil worden. Met een normale scoop kan dat niet omdat als men het beeld uitrekt door de tijdbasis sneller in te stellen de dip van het scherm verdwijnt.




**Figuur 3/8.10.12-92:** Het voordeel van vertraagde tijdbasis grafisch toegelicht.

Men zou weliswaar de "elektronische loupe" kunnen inschakelen, waardoor het beeld in horizontale zin een factor vijf wordt uitvergroot, maar een verdere vergroting van het verschijnsel zit er niet in.
Oscilloscopen met tijdbasisvertraging zijn in de meeste gevallen uitgerust met drie extra bedieningsknoppen, opgesteld zoals getekend in figuur 3/8.10.12-93. Met de driestanden schakelaar A kan men de functie van de tijdbasis instellen op "normaal", "zoeken" en "vertraagd". In de normaalstand werkt de tijdbasis zonder vertraging. Bij het versnellen van de afbuiging zou men het plaatje van figuur 3/8.10.12-92b op het scherm krijgen.



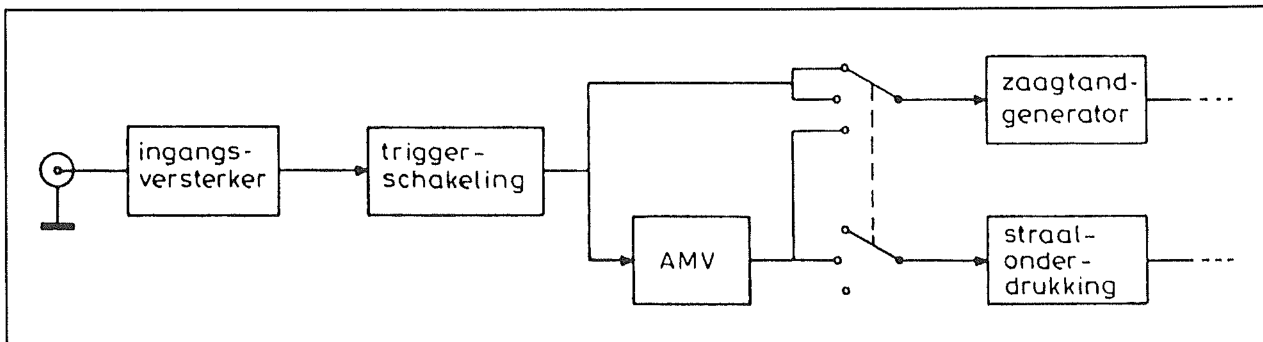

**Figuur 3/8.10.12-93:** De extra bedieningsknoppen van de vertraagde tijdbasis.

Zet men echter de keuzeschakelaar in de stand zoeken (search) dan zal een deel van het beeld worden onderdrukt, zie figuur 3/8.10.12-92c. De lengte van het onderdrukte beeld kan worden ingesteld door middel van de gebiedschakelaar C en de fijnregeling B. Deze laatste is meestal een meerslagen potentiometer. De bedoeling is nu dat het beeld wordt weggedraaid tot voor het interessante verschijnsel op punt A. Schakelt men nadien over op functie vertraagd (delay), dan verschuift het beeld als het ware over de onderdrukte breedte, zodat beeld figuur 3/8.10.12-92d op het scherm verschijnt.

Men kan nu op de gebruikelijke manier het beeld uitrekken door de tijdbasis op een snellere afbuiging in te stellen, zodat het merkwaardige verschijnsel breed over het scherm wordt uitgesmeerd, zie figuur 3/8.10.12-92e.
Het schakelprincipe van de vertraagde tijdbasis is getekend in figuur 3/8.10.12-94. Tussen de triggerschakeling en de zaagtandgenerator van de tijdbasis is een monostabiele multivibrator opgenomen, waarvan de pulsbreedte wordt bepaald door de instelling van de knoppen B en C uit figuur 3/8.10.12-93.
In de normaalstand van schakelaar A is de triggerschakeling rechtstreeks doorverbonden met de zaagtandoscillator. De afbuiging start op het moment dat de triggerpuls uit het ingangssignaal wordt afgeleid. In de stand zoeken wordt de straal gedurende de pulsbreedte van de monostabiele multivibrator donker gestuurd. In de stand vertraagd start de zaagtand niet na het verschijnen van de triggerpuls, maar na het wegvallen van de monostabiele multivibratorpuls.
Het zal duidelijk zijn dat het systeem van vertraagde tijdbasis niet werkt als men de tijdbasis in de normaalfunctie al bijna op de snelste afbuigtijd moet instellen. Men heeft dan immers geen ruimte meer om het vertraagde signaal uit te vergroten.

**Gewone kassetterecorder op de C-64**
Er zijn waarschijnlijk duizenden lezers die ergens op zolder of in een kast nog een Commodore-64 computer hebben liggen. Af en toe ontstaat de nostalgische behoefte het apparaat af te stoffen, in het stopcontact te pluggen en weer eens die oeroude spelletjes te spelen. Maar voor die oude computer heeft men een speciale kassetterecorder "Datasette" nodig en die is zoek of stuk of weggegeven.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**



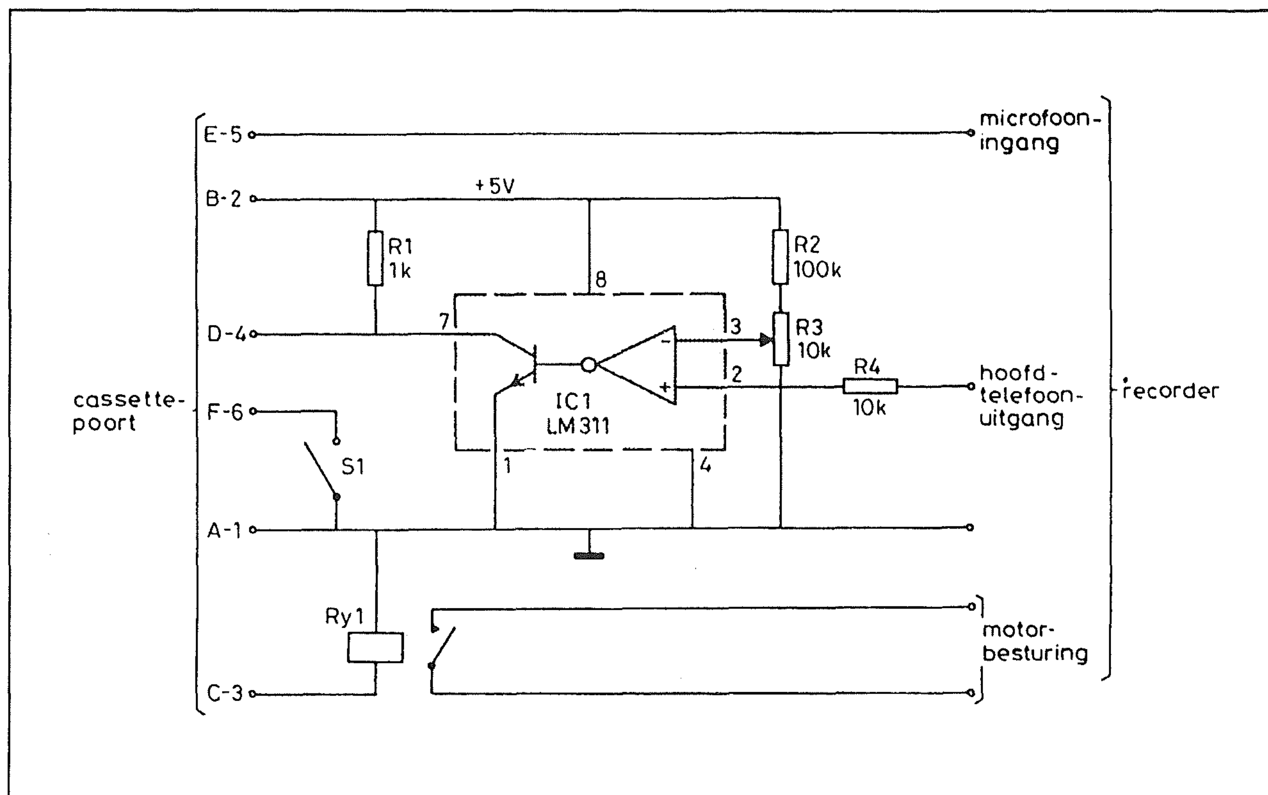

**Figuur 3/8.10.12-94:** Het blokschema van de vertraagde tijdbasis.

Dan ook maar de C64 op de schroothoop van de geschiedenis gooien?
Dat hoeft niet, want met een beetje knutselen kan men de C64 cassettes ook op een gewone kassetterecorder afspelen. Het probleem is dat Commodore geen frequentiemodulatie gebruikt voor het sturen van data naar de recorder, maar pulsbreedtemodulatie toepast. Het signaal dat wordt opgenomen is een blokgolf, waarvan de duty-cycle (de verhouding tussen "L" en "H") afhankelijk is van het bit dat wordt uitgezonden. Zo'n vierkantsgolf wordt door een normale recorder omgezet in iets dat nog het meest op een sinus lijkt en bij het weer inlezen van deze sinus ontstaan problemen, omdat de computer geen pulsvormer op de cassette-ingang heeft en geen raad weet met zo'n analoog signaal.
Zuiver theoretisch bekeken moet het dus mogelijk zijn gegevens goed in de C64 in te lezen als men het uitgangssignaal van de recorder door een pulsvormer stuurt. Men zou kunnen gaan experimenteren met het schema van figuur 3/8.10.12-95. Data-uitgang E-5 van de kassettepoort wordt gewoon op de microfooningang van de recorder aangesloten. De hoofdtelefoonuitgang gaat nu echter naar een comparator van het type LM311. Deze zet de sinussen weer om in mooie blokpulsen. De aanspreekdrempel van de comparator is instelbaar tussen 0 V en ongeveer 500 mV door het verdraaien van de loper van instelpotentiometer R3.
De schakeling kan worden gevoed uit de interne +6 V voeding van de computer, die op printspoor B-2 van de kassettepoort ter beschikking staat. Printspoor C-3 levert een signaal waarmee de motor in de originele Datasette van Commodore wordt in- en uitgeschakeld. Men kan deze uitgang aansluiten op een gevoelig 5 V relais RY1 en de contacten van dit relais gebruiken om de normale recorder op afstand te besturen. Op printspoor F-6 van de poort moet een sense-signaal verschijnen dat de computer er op attent maakt dat er moet worden gecommuniceerd met de recorder. Men moet deze schakelaar sluiten na SAVE of LOAD, op het moment dat de bijbehorende mededeling op het scherm verschijnt.
De kassettepoort van de Commodore-64 bestaat uit zes dubbelzijdige printsporen op de rand van de print. Boven- en onderzijde zijn doorgecontacteerd en tussen B-2 en C-3 zit een inkeping in de print.

**Diode als verzwakker**

Vraag voor een quiz: wat is het meest eenvoudige systeem om audio-signalen elektronisch te verzwakken? Niet voor de hand liggend antwoord: een ordinaire diode!

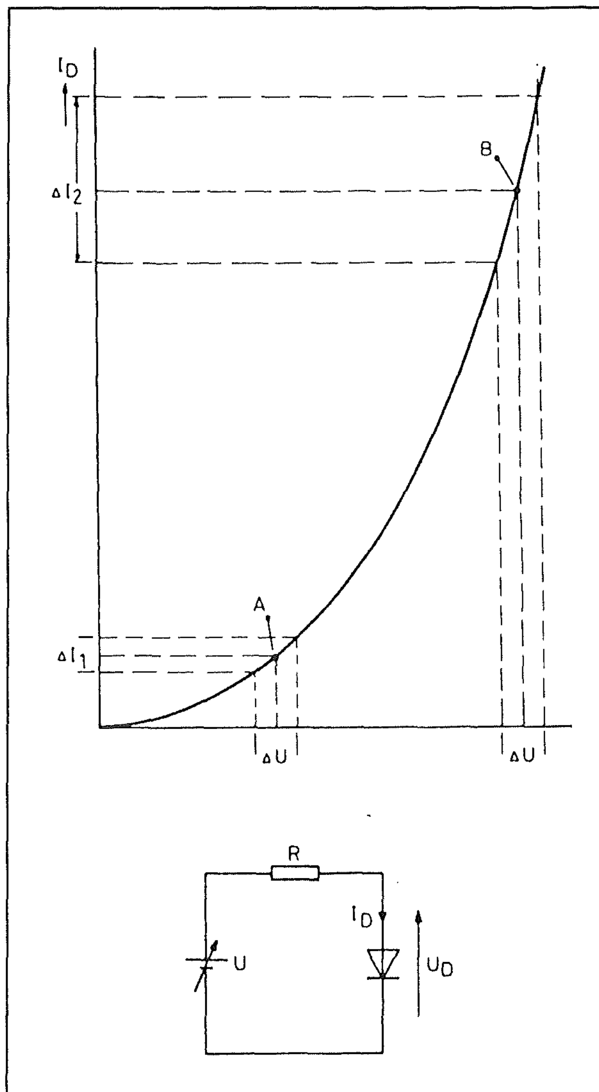
**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.12-95:** Een cassette-interface voor de aloude C-64.

Zoals uit de stroom/spanningkarakteristiek van een silicium diode in figuur 3/8.10.12-96 blijkt, is de inwendige weerstand van zo'n onderdeel afhankelijk van de stroom die er doorheen loopt.
In werkpunt A veroorzaakt een bepaalde kleine spanningsvariatie $\Delta U$ een kleine stroomvariatie $\Delta I_1$. Hetgeen overeenkomt met een tamelijk hoge inwendige weerstand. In werkpunt B echter veroorzaakt dezelfde spanningsvariatie $\Delta U$ een grote stroomvariatie $\Delta I_2$. Men kan besluiten dat de weerstand van de diode nu erg laag is. Van dit fysische verschijnsel wordt gebruik gemaakt om dioden toe te passen als elektronische verzwakkers.
Een bruikbaar schema is getekend in figuur 3/8.10.12-97. Het te verzwakken signaal wordt via scheidingscondensator C1 aangeboden aan een verzwakker, samengesteld uit de voorschakelweerstand R1 en de parallelweerstand $R_{D3+D4}$. De dioden worden via twee identieke dioden D1 en D2 en een stroombegrenzende weerstand R2 aangesloten op een regelbare positieve gelijkspanning.
Als deze spanning 0 V is hebben de dioden een hoge weerstand en het signaal gaat via C1, R1 en C3 onverzwakt naar de uitgang. Naarmate men de stuurspanning laat stijgen daalt de inwendige weerstand van de dioden en wordt er meer en meer signaal afgevoerd naar massa. Deze schakeling heeft een regelgebied van 0 dB tot -50 dB en heeft een eigen, voornamelijk derde harmonische, vervorming van ongeveer 0,2 %. Dit geldt voor signalen die kleiner zijn dan 80 mV! Dit lijkt veel, maar is in feite niet veel meer dan de vervorming van de speciale verzwakker-IC's. De regelspanning moet kunnen variëren tussen 0 V en +12 V.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

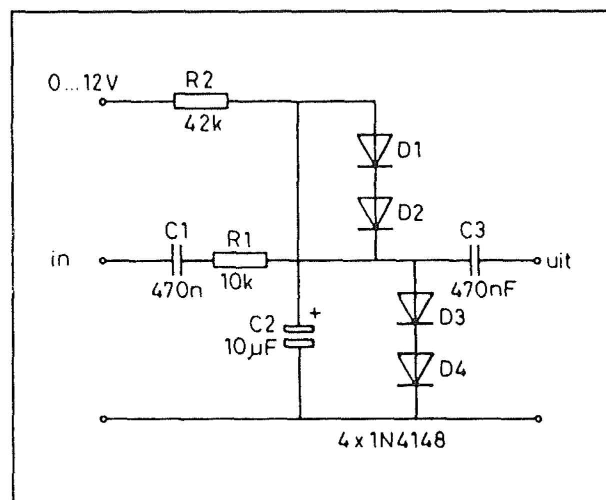



**Figuur 3/8.10.12-96:** De niet-lineariteit van de diode-karakteristiek kan nuttig toegepast worden.

## Decimale uitlezing HEX-code

Een interessant probleem! Schakelingen de een BCD-code omzetten in een decimaal cijfer zijn er te kust en te keur! Maar hoe zit het met het "decimaal" uitlezen van een HEX-code? Het probleem is dus een schakeling te ontwerpen die bij "L-L-L-L"$_{HEX}$ het cijfer "0" laat zien en bij "H-H-H-H"$_{HEX}$ het getal "15".

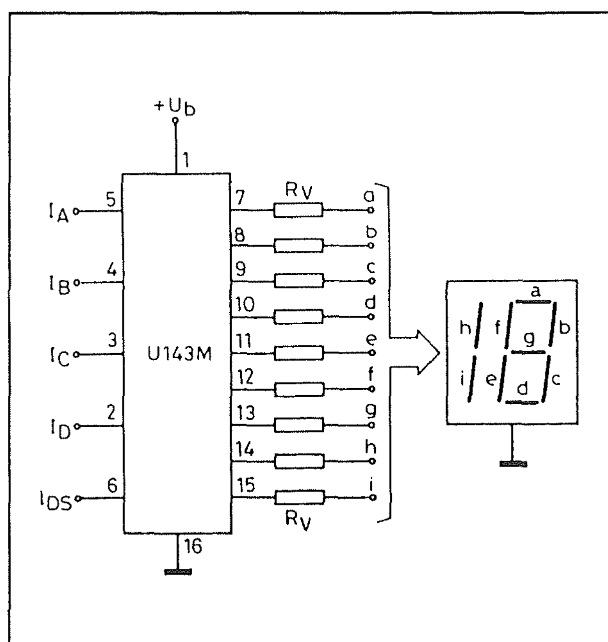
Een leuk probleem als examen-opgave! Een moderne ontwerper zou naar een programmeerbaar geheugen grijpen en de omzettings-matrix eenmalig in het IC'tje inprogrammeren. Maar er bestaat een exotisch IC van Telefunken, dat een en ander volledig automatisch doet! De U143M is een "driver circuit for LED digits in TV programm displays" en in figuur 3/8.10.12-98 wordt het volledige schema van de gevraagde schakeling gegeven!



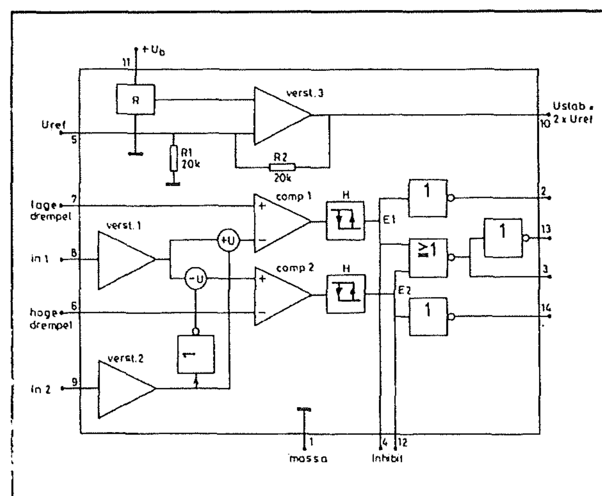

**Figuur 3/8.10.12-97:** Een praktisch schema van een diodeverzwakker.

De schakeling wordt gevoed uit een spanning tussen +10,8 V en +13,2 V en moet worden aangesloten op een uitlezing met gemeenschappelijke kathode. Er zijn uitlezingen op de markt die tot "18" kunnen gaan, maar men kan natuurlijk net zo goed twee standaard "8"-uitlezingen naast elkaar zetten. De voorschakelweerstanden $R_V$ moeten worden berekend op een maximale segmentstroom van 10 mA. Op de ingangen $I_A$ tot en met $I_D$ wordt de binaire code aangelegd, waarbij het "L"-niveau kleiner dan 1,0 V moet zijn en het "H"-niveau groter dan 4,0 V. Men kan dus met TTL-signalen werken! Pen 6 is de "dark switching input $I_{DS}$" waarmee men de uitlezing kan onderdrukken.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.12-98:** Omzetting van HEX-code in decimale code.



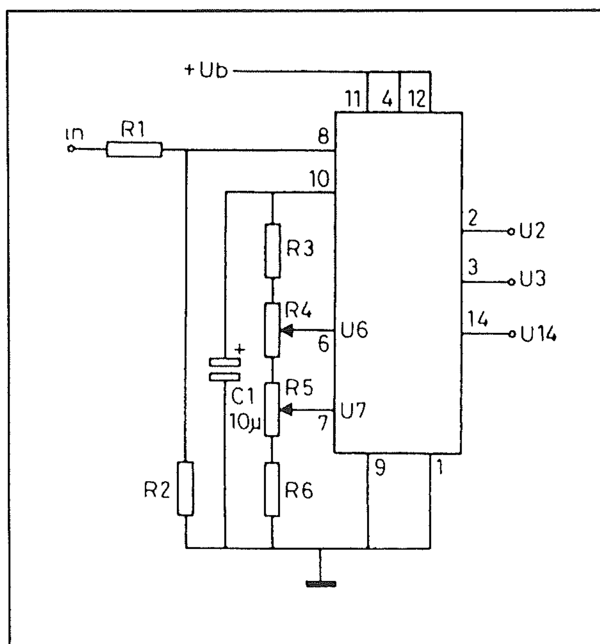

**Figuur 3/8.10.12-99:** Intern blokschema van de TCA965.

## Eenvoudige accuspanningscontrole

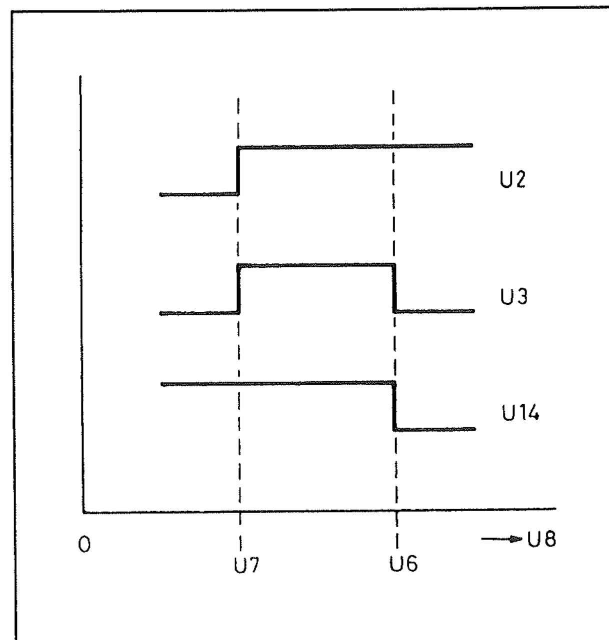
Door Siemens wordt onder type-codering TCA965 een zogenoemde "window-discriminator" in de handel gebracht, die speciaal voor dit soort "te laag, goed en te hoog" situaties is ontworpen.
Dit IC vergelijkt de ingangsspanning op pen 8 met twee instelbare drempels en levert vier uitgangen, die aangeven of de ingangsspanning kleiner is dan de onderste drempel, tussen de twee drempels ligt of groter is dan de bovenste drempel.
Het intern blokschema van dit IC is getekend in figuur 3/8.10.12-99. Het IC bestaat in principe uit twee comparatoren met hysteresis, die de spanning op pen 8 (gebufferd via een x1 versterker) vergelijken met de twee drempels. De uitgangen van de comparatoren worden aan een logische schakeling aangeboden, die uit de twee comparatorsignalen vier logische signalen afleidt.

Daarnaast bevat het IC een ingebouwde referentie, die een stabiele spanning van 3 V op pen 5 aanbiedt en via een x2 versterker als 6 V op pen 10. Met deze wetenschap in het achterhoofd kan men een schemaatje ontwerpen, dat uit de spanning over de accu drie signalen afleidt waarmee men bijvoorbeeld drie LED's kan sturen of het laden automatisch laat starten en stoppen. Het schema is getekend in figuur 3/8.10.12-100 en is de eenvoud zelve.
Uit de hoge referentie-uitgang op pen 10 worden door middel van een spanningsdeler twee drempelspanningen afgeleid, die overeen komen met volledig geladen en volledig ontladen accu. Deze waarden zijn respectievelijk 14,6 V en 12,4 V, maar omdat de interne referentiespanning slechts 6 V bedraagt moet men deze waarden door een bepaalde factor delen om in het gebied van de schakeling te vallen. Als men de deelfactor gelijk stelt aan drie, worden de drempels 4,87 V en 4,13 V. Deze spanningen kunnen worden ingesteld met behulp van de instelpotentiometers R4 en R5. De accu-spanning moet natuurlijk ook door drie worden gedeeld

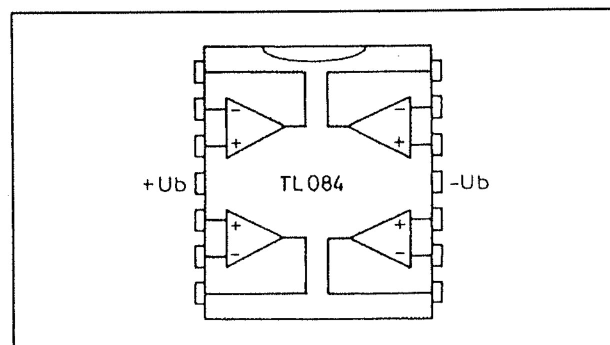
en vandaar de ingangsdeler R1-R2. De drie uitgangssignalen die aangeven of de accuspanning onder de onderste drempel ligt, tussen de twee drempels zit of groter is dan de bovenste drempel, staan ter beschikking op de uitgangen 2, 3 en 14. Het verband tussen deze drie signalen volgt uit figuur 3/8.10.12-101.




**Figuur 3/8.10.12-100:** Basisschakeling van een dubbele vensterdiscriminator.




**Figuur 3/8.10.12-101:** De drie uitgangsspanningen als functie van de ingangsspanning.



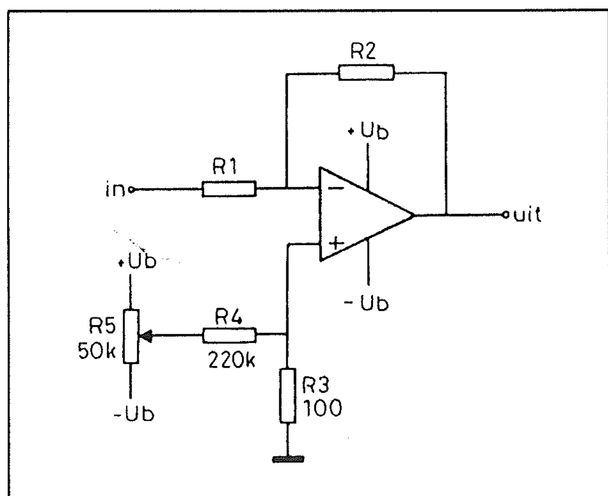

**Figuur 3/8.10.12-102:** Aansluitgegevens van een standaard viervoudige op-amp.

## Offset-compensatie bij meervoudige operationele versterkers

Tegenwoordig worden vrijwel steeds meervoudige op-amp's in analoge schakelingen toegepast. Deze IC's bevatten twee of vier identieke op-amp's in standaard 8- of 14-pens behuizingen. Een typisch voorbeeld is de TL084 van Texas Instruments. De aansluitgegevens zijn geschetst in figuur 3/8.10.12-102. Zoals duidelijk uit deze tekening blijkt biedt de 14-polige behuizing alleen toegang tot de in- en uitgangen en de gemeenschappelijke voedingsaansluitingen voor de vier schakelingen.

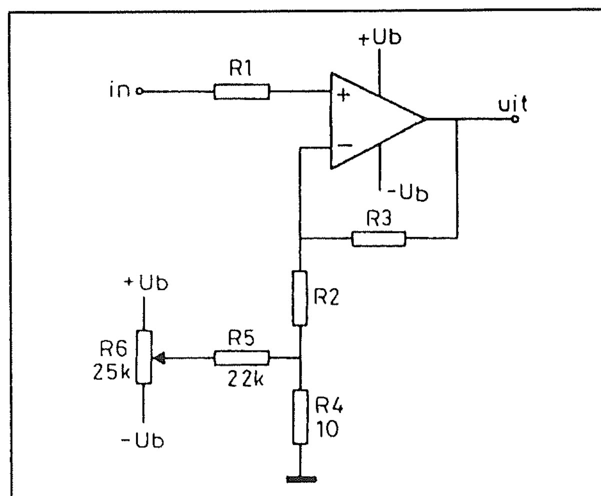
Het is echter niet zo dat deze op-amp's te verwaarlozen offset-spanningen hebben. De gemiddelde offset voor een versterker uit de TL084 bedraagt bijvoorbeeld 10 mV! Gebruikt men deze onderdelen in kritische toepassingen, bijvoorbeeld in versterkers voor zeer kleine gelijkspanningen, dan moet men de offset met behulp van een externe schakeling compenseren.

Figuur 3/8.10.12-103 geeft het schema dat men kan gebruiken als men de op-amp gebruikt als inverterende versterker. De versterking van de schakeling wordt als vanouds bepaald door de verhouding tussen de weerstanden R1 en R2. De niet-inverterende ingang gaat nu echter niet rechtstreeks naar de massa, maar via een kleine weerstand R3 van 100 Ω. Naar deze weerstand wordt via de grote weerstand R4 een klein stroompje toegevoerd, waarvan de waarde en de richting afhankelijk is van de stand van de loper van instelpotentiometer R5. Deze is tussen de beide voedingsspanningen aangesloten.




**Figuur 3/8.10.12-103:** Externe offset-compensatie bij een inverterende versterker.

De stroom wekt over R3 een spanning van enige mV's positief of negatief op en deze spanning compenseert de offset van de op-amp.
Bij niet-inverterende schakelingen kan men het systeem van figuur 3/8.10.12-104 toepassen. In principe werkt dit identiek, alleen wordt het compensatiespanninkje aan de inverterende ingang aangeboden. Weerstand R4 is nu extra klein, omdat deze in serie staat met R2, een van de weerstanden die de versterking van de schakeling bepaalt.

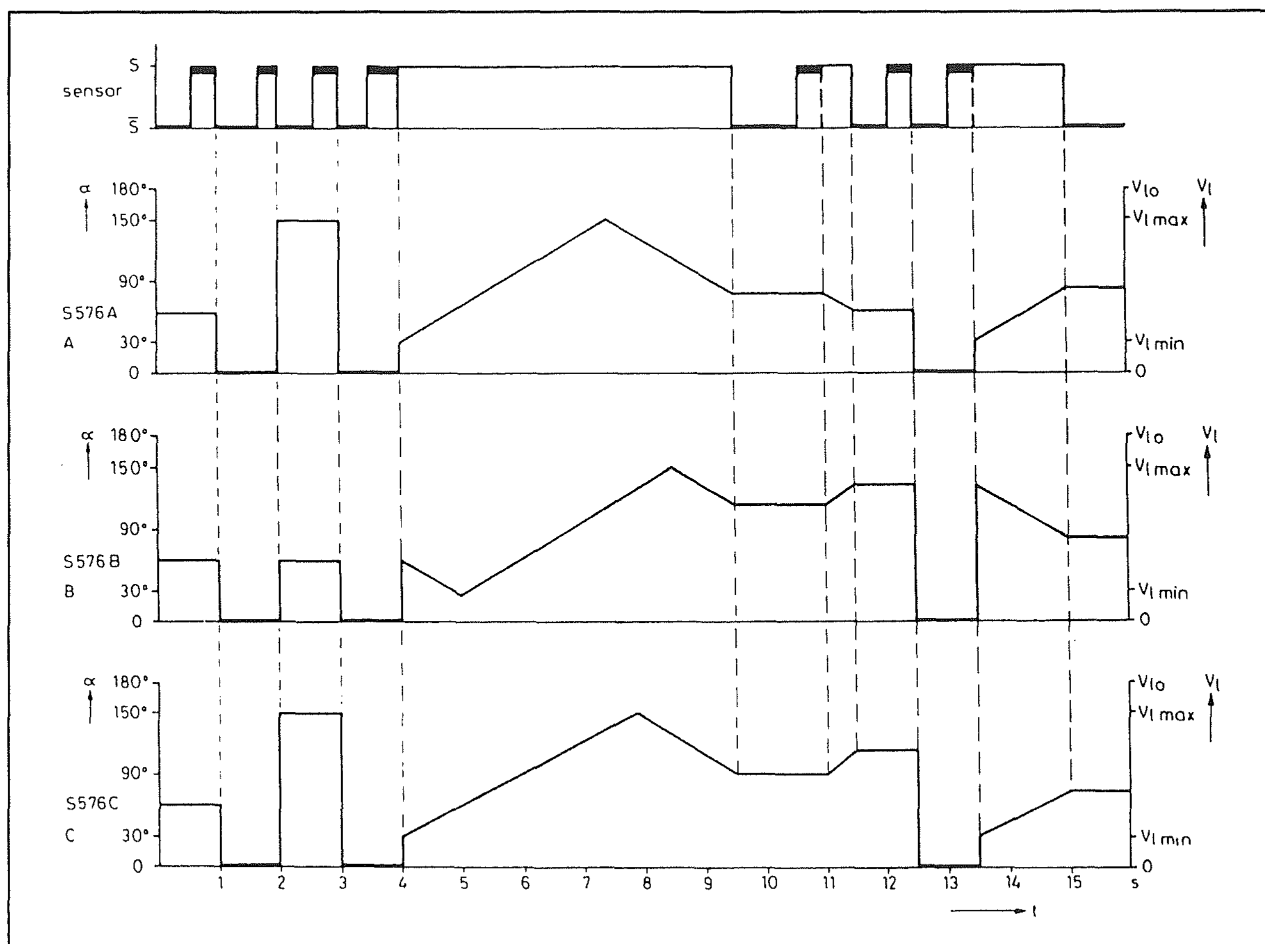



**Figuur 3/8.10.12-104:** Externe offset-compensatie bij een niet-inverterende versterker.

## Analoge spanningen uit een Commodore 64

Iedereen die nog een C-64 op zolder heeft liggen, zou dit apparaat moeten gaan gebruiken voor het besturen van allerlei externe toestanden. Gaat er iets mis bij het experimenteren, dan gaat geen dure PC naar de maan maar een oeroude voorganger, die toch al ten dode was opgeschreven. Bovendien is de C64 een ideale machine om schakelingetjes op aan te sluiten, omdat deze computer over een interne PIA, een “Peripheral Interface Adapter”, beschikt. Zo'n PIA is een IC dat het dataverkeer tussen de computer en de buitenwereld regelt. De PIA heeft twee acht bit brede twee-richtingen buffers, de PA en de PB. De PB-lijnen staan ter beschikking op de poort op de achterzijde van de computer. Deze lijnen kunnen zowel gegevens uit de ingewanden van de computer naar buiten brengen als externe gegevens in de machine inlezen. Het is zelfs zo dat iedere PB-lijn individueel als

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.12-107:** De regelkarakteristieken van de drie versies van de 576.

Het schema van de zeer eenvoudige digitaal-naar-analoog omzetter is getekend in figuur 3/8.10.12-106. De acht PB-uitgangen van de poort gaan naar de acht digitale ingangen van het IC. De ingang van het laddernetwerk (pen 6) wordt aangesloten op de interne referentie (pen 7). De analoge uitgang (pen 5) wordt afgesloten met een buffer. De data-latch, het tussengeheugen, wordt niet gebruikt, omdat de PIA in de C64 er zélf voor zorgt dat de eenmaal in het PR-register ge-POKE'te gegevens op de PB-lijnen blijven staan. POKE 0 levert een uitgangsspanning op van 0 V, POKE 255 een spanning van ongeveer +2,55 V. Men kan de spanning op de uitgang van de schakeling langzaam laten stijgen door een eenvoudige lustructuur te ontwerpen:

```
10 FOR N = 0 TO 255
20 POKE 56577, N
30 FOR M = 0 TO 1000: NEXT M
40 NEXT N
```

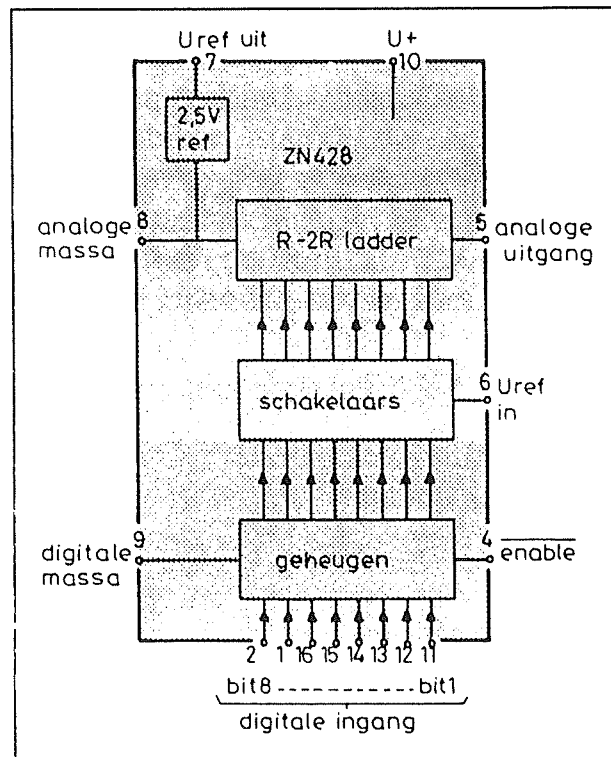
De eindwaarde van de M-lus bepaalt de snelheid, waarmee de uitgangsspanning trapvormig van 0 V naar +2,55 V zal stijgen.

**S576-verschillen**

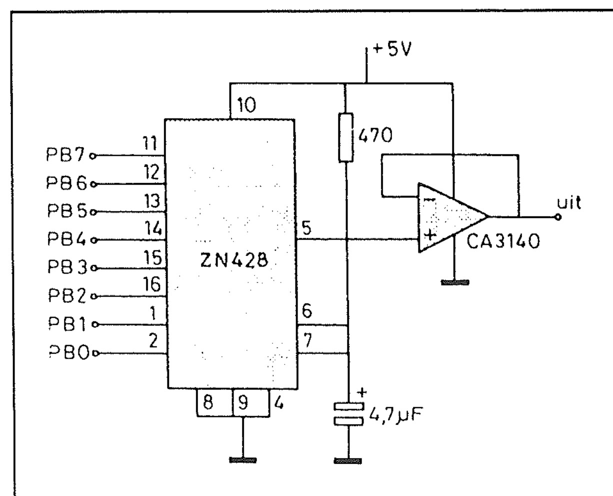
De S576 schakelingen van Siemens waren jaren lang dé oplossing voor het bouwen van tiptoets gestuurde dimmers. Iedere nabouwer zal nog wel een paar van deze schakelingetjes in de "lijkenkist" hebben

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

ingang of als uitgang te programmeren is. De PIA beschikt namelijk over een DDR, een "Data Direction Register". In dit acht bit brede register bepaalt de "L"- of "H"-toestand van ieder bit of de gelijknamige PB-lijn als ingang of als uitgang moet dienen. Dat register kan in BASIC worden geprogrammeerd door een decimaal getal tussen 0 en 255 in adres 56579 te POKE'en. Dit getal correspondeert uiteraard met een wel bepaalde combinatie van "L"- en "H"-signalen in het DDR. Een laag bit definieert de PB-lijn als uitgang en een hoog bit als ingang. In de gevraagde toepassing zullen waarschijnlijk alle PB-lijnen als uitgang moeten worden gedefinieerd, zodat men het decimale getal 255 in het DDR moet POKE'en. De gegevens die op de PB-lijnen moeten verschijnen worden bepaald door de code die men in een tweede PIA-register, het PR of perifeeriregister, inleest. Men kan ook dit register in BASIC aansturen door het decimale equivalent van de gewenste uitgangscode te POKE'en in adres 56577. Men kan dus met twee eenvoudige BASIC-regeltjes ieder code tussen DEC 000 en DEC 255 op de acht PB-lijnen zetten. Deze digitale code kan nu in een analoge spanning worden omgezet door de acht PB-lijnen aan te sluiten op een zeer goedkope geïntegreerde digitaal-naar-analoog omzetter, zoals de ZN428 van Ferranti. Het intern blokschema van dit IC is getekend in figuur 3/8.10.12-105. De schakeling bevat een zeer nauwkeurige spanningsreferentie van 2,50 V, een geheugen, waarin de gegevens kunnen worden opgeborgen, en een R/2R-weerstandsnetwerk met acht elektronische schakelaars. Voor iedere combinatie op de acht digitale ingangen zullen andere schakelaars worden geopend en gesloten. De weerstandsdeler krijgt dus steeds een andere deelfactor en voor iedere digitale code staat een eigen, specifieke analoge uitgangsspanning.




**Figuur 3/8.10.12-105:** Basis-schema van iedere standaard 8 bit DAC.



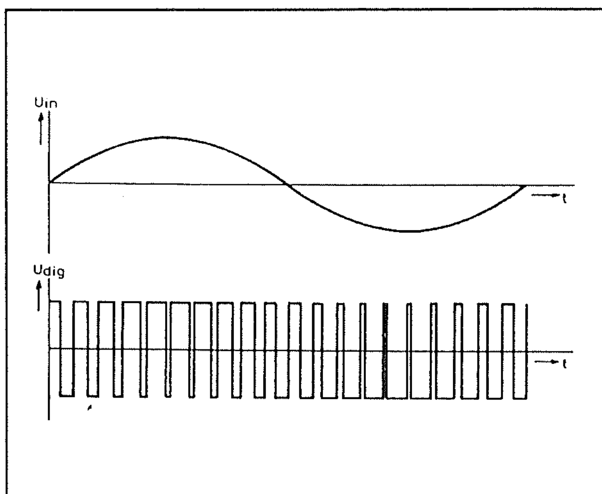

**Figuur 3/8.10.12-106:** Een eenvoudige DAC voor de C64.

liggen. Er bestaan echter drie versies van dit IC, namelijk -A, -B en -C. In de meeste gevallen hebben dergelijke suffixen achter een typenummer betrekking op de behuizing of het temperatuurbereik. Zo niet bij de S576! Er zijn wel degelijk zeer fundamentele verschillen tussen deze drie versies van de S576! Zoals bekend reageert dit IC op het korte of langere tijd aanraken van een tiptoets en zal de intensiteit van de lamp die door het IC gestuurd wordt laten stijgen of dalen. De drie versies van dit IC verschillen onderling in het "regelprogramma" om maar eens een groot woord te gebruiken. In figuur 3/8.10.12-107 zijn deze verschillen grafisch voorgesteld. De grafieken geven het verloop weer van de lichtintensiteit als functie van de manier waarop men met de aanraaksensor omgaat.
De S376A zal bij kort aanraken van de sensor steeds omschakelen tussen volle intensiteit en intensiteit nul. Bij langdurig beroeren van de sensor zal het regelprogramma steeds van minimale intensiteit ($V_{Lmin}$) starten. De S576B springt bij kort aanraken steeds tussen nul en de laatst ingestelde intensiteit heen en weer. Deze wordt namelijk in een geheugen opgeslagen. Bij langer bedienen van de schakeling start de regelcyclus steeds bij de waarde van de intensiteit, die in het geheugen zit opgeslagen. De S576C gedraagt zich ongeveer zoals de -A, met dit verschil dat bij herhaald langdurig bedienen van de sensor de cyclus steeds in tegenovergestelde richting wordt voortgezet, dus een dalende intensiteit wordt bij de volgende langdurige aanraking van de sensor opgevolgd door een stijgende intensiteit.

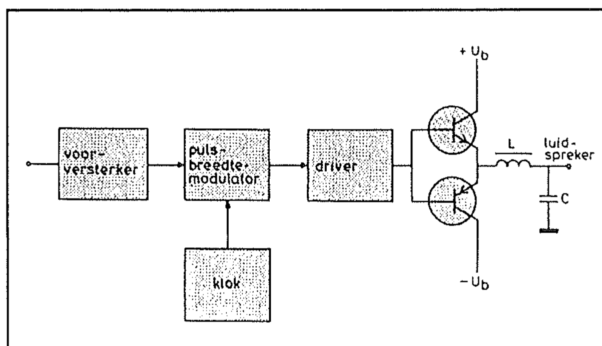
**Klasse-D versterkers**

Iedereen die elektronica tijdschriften leest zal wel eens het begrip "klasse-D versterker" opgevangen hebben. Wat betekent dit?
Iedereen kent wel de klassieke begrippen "klasse-A, -A/B of -B versterkers" uit de laagfrequenttechniek. Met deze begrippen wordt aangegeven hoe de eindversterker van een systeem staat ingesteld. In het kort komt het er op neer dat bij klasse-A beide eindtransistoren gedurende de volledige periode van het signaal geleiden, hetgeen dus een zeer grote ruststroom, maar minimale ovemamevervoringen tot gevolg heeft. Bij klasse-B geleidt de ene transistor gedurende de positieve halve periode van het signaal en de tweede gedurende de negatieve halve periode. De ruststroom is nul, maar de overnamevervormingen zijn zeer groot, omdat beide transistoren gedurende hun dode punt (basis/emitter-spanning kleiner dan 0,7 V) niet geleiden. Om de voordelen van A (kleine vervorming) te combineren met de voordelen van B (klein verliesvermogen) heeft men combinatie instellingen, A/B genoemd, ontwikkeld.
Een geheel andere benadering kiest men bij klasse-D eindtrappen. Deze werken namelijk digitaal, reden waarom men deze versterkers ook wel eens "digitale audioversterkers" noemt. Zoals uit figuur 3/8.10.12-108 blijkt, wordt het LF-signaal omgezet in een snelle opeenvolging van pulsen. De aan/uit-verhouding van deze pulsen is echter variabel en afhankelijk van de grootte en de polariteit van het signaal.
Als het signaal door nul gaat zal de puls volledig symmetrisch zijn. Naarmate de spanning stijgt zal de puls meer "H" dan "L" zijn. Het omgekeerde doet zich voor bij negatief gaande signalen.
Het blokschema van een klasse-D versterker is getekend in figuur 3/8.10.12-109. Na voorversterking wordt het audiosig-

naal in een pulsbreedte modulator, op het ritme van een klok, omgezet in de beschreven digitale pulstrein. Deze gaat naar een driver, die de pulsen stroomcapaciteit geeft en nadien wordt een eenvoudige complementaire eindtrap zonder ruststroom voorzieningen aangestuurd.




**Figuur 3/8.10.12-108:** Het principe van een klasse-D eindversterker.



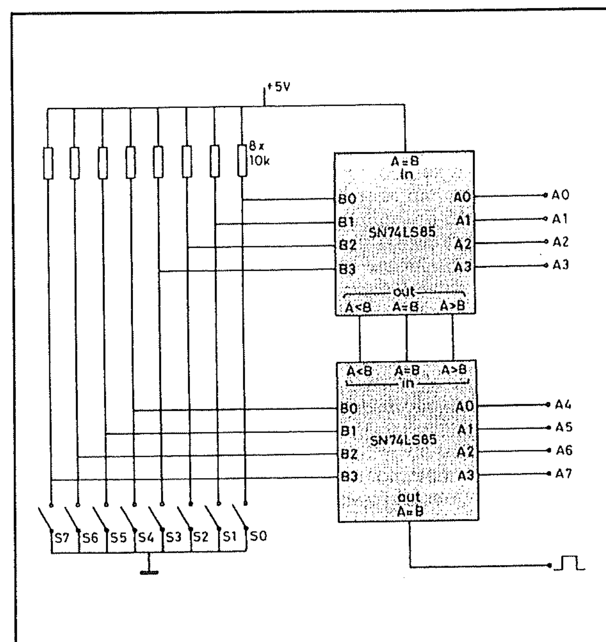

**Figuur 3/8.10.12-109:** Het blokschema van een eindversterker die in klasse-D werkt.

Afhankelijk van een "H"- of "L"-puls zal of de ene of de andere transistor gaan geleiden en wordt de uitgang van de versterker dus met de positieve of de negatieve voeding doorverbonden. De analoge informatie, die verborgen zit in de gemiddelde waarde van de pulsen, wordt nu weer uit het digitale signaal gerecupereerd door tussen de eindtrap en de luidspreker een uit een spoel en een condensator samengesteld laagdoorlaat filter op te nemen. Het voordeel van dit systeem is duidelijk: er vloeit absoluut geen ruststroom door de eindtrappen en van overnamevervorming is geen sprake. Toch is dit type versterker nooit populair geworden, zover ons bekend is Sony de enige fabrikant die ooit een klasse-D eindversterker voor het grote publiek op de markt heeft gebracht. Praktisch kleven er namelijk nogal wat bezwaren aan het in theorie zo mooie principe. Er worden zeer hoge eisen gesteld aan de eindtransistoren, deze moeten namelijk erg snel kunnen schakelen en dat bij grote spanningen en stromen! Vanwege dit snelle schakelen ontstaan er heel veel hogere harmonischen, die de omgeving tot in de verre omtrek verontreinigen. De versterker moet dus grondig worden afgeschermd. Maar het grootste bezwaar is wel dat het voordeel van het lage verliesvermogen in de eindtrap teniet wordt gedaan door het simpele gegeven dat de spoel van het laagdoorlaat filter even veel verliesvermogen opneemt als een normale klasse-A/B versterker!

### Universele adresdecoder

Wie schakelingen aan een computer aansluit, kent het begrip "adresdecoder" maar al te goed. Vooral de oude homecomputers zijn ideaal om gegevens in en uit te lezen, omdat zowel de adres- als de datalijnen zonder problemen beschikbaar zijn. Geen moeilijk gedoe met gecombineerde data- en adreslijnen en/of gemultiplexte adressen, zoals dat bij moderne PC's wél het geval is! Tijd dus om een universele schakeling te bespreken,

die bij alle soorten home-computers kan worden toegepast.
Op de eerste plaats is het echter noodzakelijk even te verduidelijken wat een universele adresdecoder eigenlijk is. Een computer, oud of modern, beschikt over een heleboel adressen, van $2^{16}$ voor de oeroude homecomputers tot meer dan $2^{32}$ voor de moderne PC's, die overeenkomen met even zovele geheugenlocaties in het basisgeheugen. Deze locaties kunnen worden aangesproken, gelezen of beschreven, door de binaire code van het "adres" van deze locatie op de adreslijnen te zetten (als deze beschikbaar zijn!). Nu is het ook mogelijk externe apparaten aan te sturen door de gegevens op de adreslijnen te vergelijken met een door middel van schakelaartjes ingestelde binaire code. Als de code op de adreslijnen gelijk is aan de code die met de schakelaartjes is ingesteld, moet de adresdecoder een pulsje opwekken, waarmee men een extern apparaat kan aansturen. Sommige computers zijn intern uitgerust met bepaalde schakelingen, die dat aansturen van externe apparaten mogelijk maken. Er zijn echter ook computers, die niet over deze voorziening beschikken. Alle computers beschikken echter over een zogenoemde uitbreidingspoort, waarop alle adreslijnen ter beschikking staan.
Met een universele adresdecoder kan men dus een bepaald adres bij gelijk welke computer decoderen. Figuur 3/8.10.12-110 geeft het eenvoudige schema van zo'n universele adresdecoder. De schakeling maakt gebruik van speciaal voor deze taak ontwikkelde geïntegreerde schakelingen, zogenoemde "magnitude comparatoren".
De SN74LS85 vergelijkt de binaire code op een set van vier A-ingangen met de binaire code op een tweede set van vier B-ingangen. Het IC heeft drie uitgangen, namelijk A>B, A=B en A<B. Deze uitgangen worden "H" als aan de voorwaarde voldaan is. De A=B-uitgang zal dus "H" worden als de binaire code op de A-ingangen gelijk is aan de code op de B-ingangen van het IC.

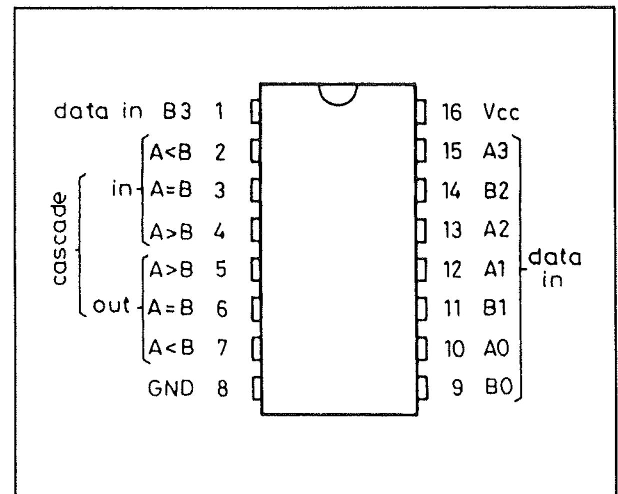



**Figuur 3/8.10.12-110:** Universele adresdecoder voor acht bit brede adressen.

Nu heeft men aan een vier bit brede comparator niet zo erg veel. Gelukkig is het mogelijk diverse IC's te cascaderen door de drie uitgangen van het ene IC te verbinden met de gelijknamige ingangen van het volgende IC. De A=B-ingang van het eerste IC dat de vier minst belangrijke bits vergelijkt, moet constant met de +5 V worden verbonden. Het schema geeft een adresdecoder die de code op de acht laagste adreslijnen vergelijkt met de code die met behulp van acht schakelaartjes wordt ingesteld. De adreslijnen worden verbonden met de A-ingangen van de IC's. De B-ingangen gaan via weerstanden naar de

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

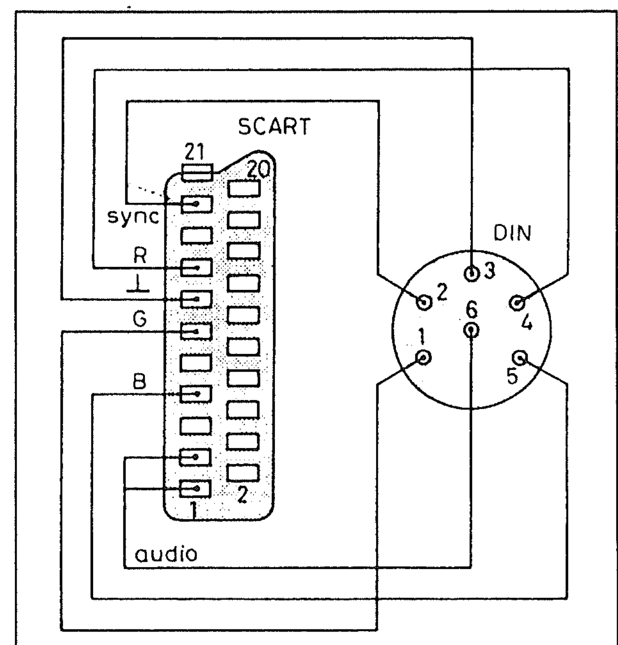
+5 V en bovendien naar enkelpolige schakelaars (dual in line, bijvoorbeeld), die de ingangen met de massa verbinden als zij worden gesloten. Het systeem kan natuurlijk worden uitgebreid naar 16 adreslijnen door in plaats van twee, vier identieke IC's te cascaderen. De uitgang A=B van het onderste IC wordt "H" als de code op de adreslijnen gelijk wordt aan de met de schakelaars ingestelde code. Men kan de adresgegevens op de adreslijnen zetten door:
POKE adres, 0
in BASIC in te voeren.
Door deze instructie zal de binaire code van het decimale getal "adres" voor ongeveer 500 ns op de adreslijnen verschijnen. Het gevolg is dat de uitgangspuls van de decoder even smal is en men dus de schakeling naar eigen behoefte zal moeten uitbreiden met een pulsverbreder of de uitgangspuls gebruiken voor het laten inlezen van een registertje.
De aansluitgegevens van de 744LS85 zijn getekend in figuur 3/8.10.12-111.




**Figuur 3/8.10.12-111:** Aansluitgegevens van de 74LS85.

## Van SCART naar DIN

Moderne TV's communiceren met elkaar en met hun randapparatuur via de universele SCART-bus. In de dump kan men echter voor een prikje oude maar zeer professionele kleurenmonitoren aanschaffen, die een ingang via een zespolige DIN-plug verwachten. Dergelijke monitoren zin ideaal om in de slaapkamer naar video's te kijken!
Men kan een heel eenvoudige interface in elkaar solderen, waarvan het schema is getekend in figuur 3/8.10.12-112.




**Figuur 3/8.10.12-112:** Van SCART naar DIN.

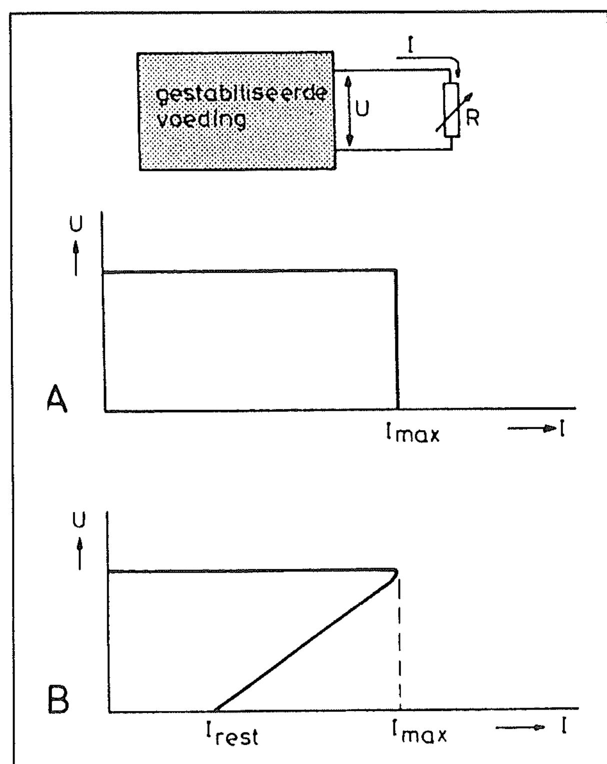
## Fold-back verklaard

Moderne regelbare voedingen werken met een soort stroombegrenzing die "fold-back" wordt genoemd.

Het verschil tussen een "gewone" stroombegrenzing en een met fold-back karakteristiek is getekend in figuur 3/8.10.12-113. Bij een gewone stroombegrenzing (A) zal, als men een gestabiliseerde voeding met een regelbare weerstand belast, de stroom nooit groter kun-

8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper

nen worden dan een bepaalde maximale waarde $I_{max}$.
In feite werkt zo'n apparaat als gecombineerde spanning-stroombron, die een constante spanning levert zolang de afgenomen stroom kleiner is dan de maximale waarde en daarboven een constante stroom, gelijk aan die maximale waarde, genereert. Dat werkt uitstekend, maar heeft als nadeel dat er bij kortsluiting van de voeding een erg groot vermogen over de regeltransistor(en) komt te staan.

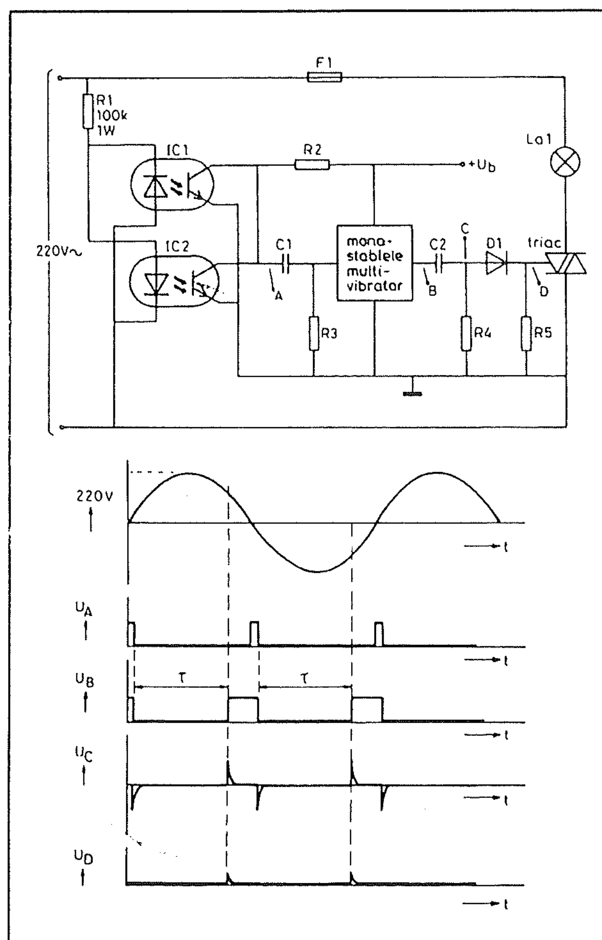



**Figuur 3/8.10.12-113:** Vergelijking tussen en normale stroombegrenzing en een fold-back systeem.

Stel dat de ongestabiliseerde spanning 40 V bedraagt en de maximale stroom 2 A.
Bij kortsluiting moeten de regeltransistoren een vermogen van 40 V * 2 A = 80 W dissiperen! Daar kan men drie soldeerbouten mee stoken en er worden dus zeer grote eisen gesteld aan de koeling van de onderdelen.
Vandaar gebruikt men in professionele laboratoriumvoedingen een "fold-back"-stroombegrenzing. De karakteristiek is getekend in figuur B. Als de belasting zo klein wordt dat de maximale stroom $I_{max}$ wordt overschreden, dan zal de spanning gaan dalen waardoor de stroom uiteraard ook kleiner wordt. Bij kortsluiting levert de voeding slechts een kleine reststroom $I_{rest}$ zodat het kortsluitvermogen dat door de serietransistoren moet worden verwerkt veel kleiner is.

**24 V lampen op het 230 V net**
Kan men 24 V halogeenlampen rechtstreeks door middel van een dimmerschakeling uit het net voeden? De eenvoudige schakeling van een standaardlichtdimmer is veel te onnauwkeurig voor dit soort toepassingen. Het probleem is dat er bij dat soort apparaatjes een eenvoudig RC-kringetje met een diac als drempel wordt toegepast om de ontstekingshoek te regelen. De geringste stoorpiek op de netspanning heeft tot gevolg dat de diac en de triac doorslaan en er een grote spanningspuls over de lamp komt te staan. Het blokschema van figuur 3/8.10.12-114 geeft de basis waarop men verder moet experimenteren. Uit de 230 $V_{wisselspanning}$ worden smalle pulsjes afgeleid, die gesynchroniseerd zijn met de nuldoorgang van de netspanning. Er bestaan verschillende systemen om zo'n pulstreintje op te wekken. De in de afbeelding getekende methode met twee optische koppelingen is een heel mooi systeem en wordt hier dus even voorgesteld. Alleen als de netspanning door nul gaat vloeit er geen stroom door één van de twee LED's en sperren beide transistoren.

8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper

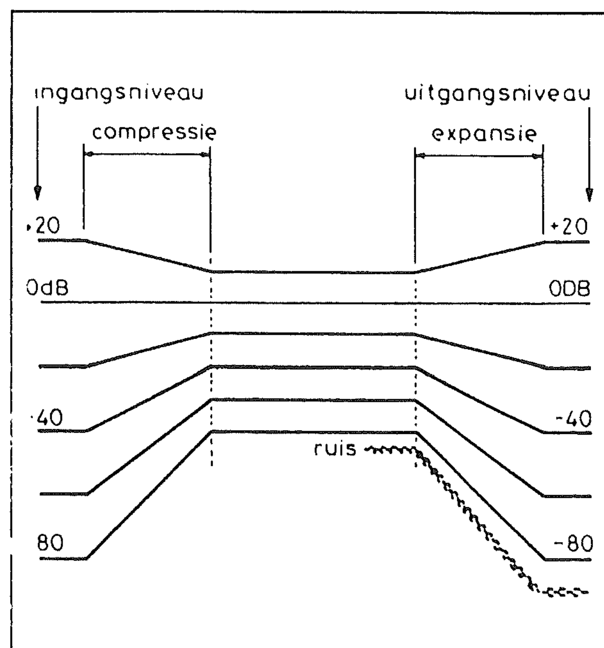



**Figuur 3/8.10.12-114:** Blokschema van een systeem waarmee men 24 V halogeen lampen rechtstreeks uit het 230 V net kan dimmen.

De uitgangsspanning $U_A$ op de collectoren is gelijk aan de voedingsspanning. Deze smalle positieve pulsjes worden nu gebruikt voor het triggeren van een monostabiele multivibrator, die voor iedere nuldoorgangspuls een in breedte $\tau$ instelbare negatief gerichte ontsteekpuls $U_B$ voor de triac genereert. Men moet de schakeling zo ontwerpen dat de breedte $\tau$ van de uitgangspuls van ongeveer 7 ms tot precies 10 ms te regelen is. Een halve periode van de 50 Hz netspanning neemt immers 10 ms in beslag en de triac ontsteekt door het differentiërende netwerkje R4-C2 op de achterflank van deze puls ($U_C$). Het zal duidelijk zijn dat dit systeem een kritische factor heeft en dat is de maximale breedte $\tau$ van de MMV-puls. Wordt deze breder dan de halve periode van de netspanning, dan ontsteekt de triac bij het begin van de volgende halve periode en krijgt de lamp een zeer grote spanningspuls toegevoerd.

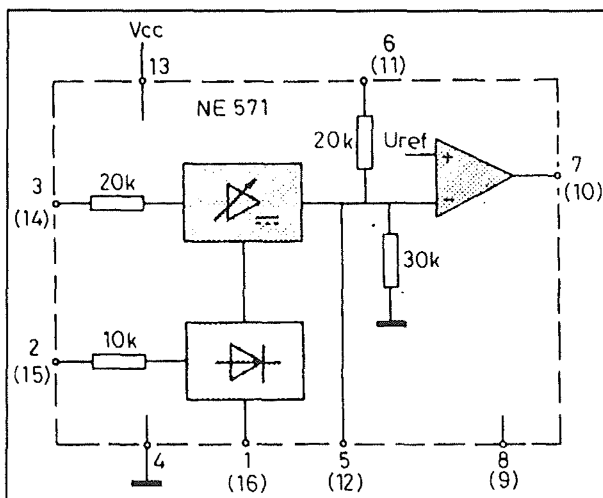
**Compander als ruisonderdrukker**

Wie heel gevoelige microfoons toepast, bijvoorbeeld bij het verzamelen van vogelgeluiden, heeft ongetwijfeld last van ruis. Het enige dat er dan op zit is het invoeren van een compander.
In het kort komt het er op neer dat, zoals getekend in figuur 3/8.10.12-115, bij het opnemen van het geluid de versterking kunstmatig wordt verhoogd voor kleine signalen en kunstmatig verkleind voor grote signalen.



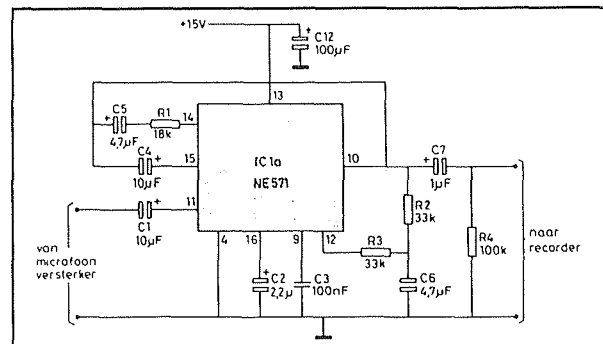

**Figuur 3/8.10.12-115:** Het principe van companding.

Bij het weergeven gebeurt precies het tegenovergestelde, zodat de ruis van de band behoorlijk wordt verzwakt en men er in de praktijk nog nauwelijks hinder van ondervindt. Een tweede voordeel van companding is dat zeer kleine signalen door de extra versterking boven het ruisniveau worden getild en dus bij de weergave niet verdrinken in de ruis.
Er zijn speciale compander-IC's op de markt, waarvan het type NE571 van Philips-dochter Signetics wel het best verkrijgbare is. Het IC is samengesteld uit twee volledig identieke schakelingen, zie figuur 3/8.10.12-116.




**Figuur 3/8.10.12-116:** Intern schema van de NE571: de getekende blokken zijn twee maal aanwezig.

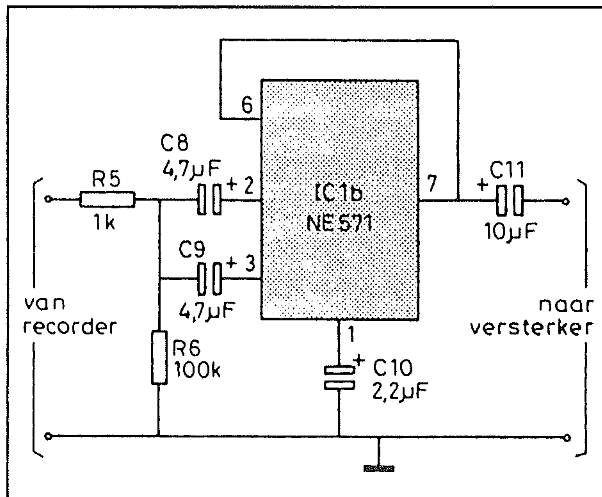
Eén schakeling wordt gebruikt als compressor, de tweede als expander. Het verschil in werking ontstaat door de drie fundamentele blokken van iedere schakeling (top-gelijkrichter, spanningsgestuurde versterker en operationele versterker) op een andere manier met elkaar te verbinden. Het schema van de compressor is getekend in figuur 3/8.10.12-117. Het signaal van de microfoonvoorversterker wordt aangeboden aan de ingang van de operationele versterker (pen 11). De uitgang van deze trap (pen 10) gaat enerzijds naar de recorder en anderzijds naar de topdetector (pen 15).




**Figuur 3/8.10.12-117:** Een halve NE571 wordt hier gebruikt als compressor.

Het gelijkgerichte signaal wordt intern gebruikt als stuursignaal voor de spanningsafhankelijke versterker. Deze versterker is opgenomen in de terugkoppeling van de operationele versterker (14 naar 10). Het gevolg is dat de VCR, de spanningsgestuurde versterker, weinig versterkt bij kleine ingangssignalen. Omdat deze schakeling echter in de terugkoppeling van de op-amp is opgenomen zal dit laatste blok flink versterken en zal de totale versterking tussen ingang en uitgang groot zijn. Naarmate het ingangssignaal stijgt zal de VCR meer gaan versterken. De terugkoppeling van de op-amp neemt toe en de totale versterking daalt.
Het schema van de expander is getekend in figuur 3/8.10.12-118. De ingangsspanning wordt aangeboden aan zowel de VCR (pen 3) als de detector (pen 2). De operationele versterker is nu alleen als buffer in gebruik, die de uitgangsspanning van de VCR doorkoppelt naar de uitgang (pen 7). De op-amp maakt nu alleen gebruik van de intern aanwezige terugkoppelweerstand (pen 6 aan pen 7). Bij kleine

signalen is de gelijkgerichte signaalspanning op de uitgang van de detector (pen 1) klein en dus ook de versterking van de VCR. Deze factor bepaalt nu echter de totale versterking van de schakeling en deze is dus ook klein.

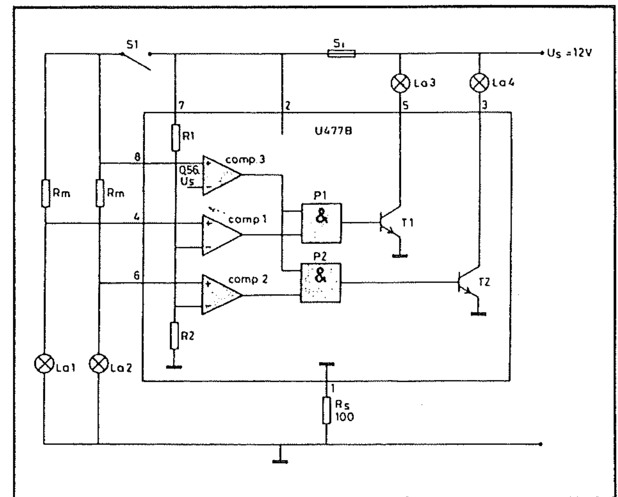



Figuur 3/8.10.12-118: Expanderschema met een halve NE571.

Naarmate de ingangsspanning stijgt neemt de stuurspanning van de VCA toe en daarmee ook de versterking. Het dynamisch gebied van het signaal wordt dus weer verbreed, hetgeen overeen komt met de grafiek van figuur 3/8.10.12-116.

**Eenvoudige achterlicht controle**

Hoewel alle autofabrikanten tegenwoordig pochen met elektronische ontstekingen, boordcomputers en antislipsystemen zijn er tal van kleine elektronische gemakkelijk te installeren aangenaamheden die in deze elektronica-doet-verkopen campagne over het hoofd worden gezien. Het probleem van kapotte achterlichten is daar een typisch voorbeeld van! Temeer omdat er door Telefunken een kant-en-klaar IC, speciaal voor deze specifieke toepassing ontwikkeld, op de markt wordt gebracht. Figuur 3/8.10.12-119 geeft meteen het interne blokschema, de aansluitgegevens en een voorbeeldschakeling.




Figuur 3/8.10.12-119: De U477B geeft een signaal als een lamp doorbrandt.

Het IC is samengesteld uit drie comparatoren, twee AND-poorten en twee eindtransistoren met open collectoren. De twee bovenste comparatoren 1 en 2 zijn op hun inverterende ingang door middel van de weerstanden R1 en R2 ingesteld op een spanning, die ongeveer 8 mV (!) lager is dan de voedingsspanning. De inverterende ingang van COMP-3 staat op 56 % van de voedingsspanning. De werking kan in drie fasen worden ingedeeld:

- Verlichting uit, schakelaar S1 open
  De niet-inverterende ingang van COM-3 staat op 0 V, de uitgang is 0 V. De niet-inverterende ingangen van de twee bovenste comparatoren zijn ook nul, de uitgangen zijn 0 V. De AND's krijgen twee nullen op de ingangen, de uitgangen zijn ook nul en de transistoren worden niet gestuurd.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

- Verlichting aan, schakelaar S1 gesloten
  De niet-inverterende ingang van COMP-3 staat op +12 V, de uitgang is positief. De stroom van de lampen La1 en La2 veroorzaakt een kleine spanningsval over de twee weerstanden Rm, de niet-inverterende ingangen van de bovenste comparatoren staan dus op een lagere spanning dan de inverterende ingangen. De uitgangen zijn nul. De AND's krijgen een hoog en een laag signaal, de uitgangen zijn nog steeds nul. De transistoren sperren.
- Verlichting aan, schakelaar S1 gesloten, een lamp stuk
  Er valt geen spanning over de weerstand Rm in de kring van de doorgebrande lamp. De niet-inverterende ingang van de over deze weerstand aangesloten comparator staat op de voedingsspanning en is dus 8 mV positiever dan de inverterende ingang. De uitgang van deze schakeling wordt hoog.
  De AND heeft nu twee hoge ingangen, de uitgang van de poort wordt hoog en de transistor gaat geleiden. De op de collector aangesloten indicatielamp (La3 of La4) gaat branden.

De waarde van de sensorweerstanden Rm hangt af van het stroomverbruik van de lampen La1 en La2 en moet zo worden berekend dat er ongeveer 50 mV over valt.

# 3/8.10.13

# Systemen voor huisbeveiliging

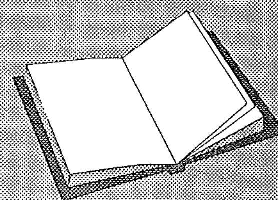
## Inleiding

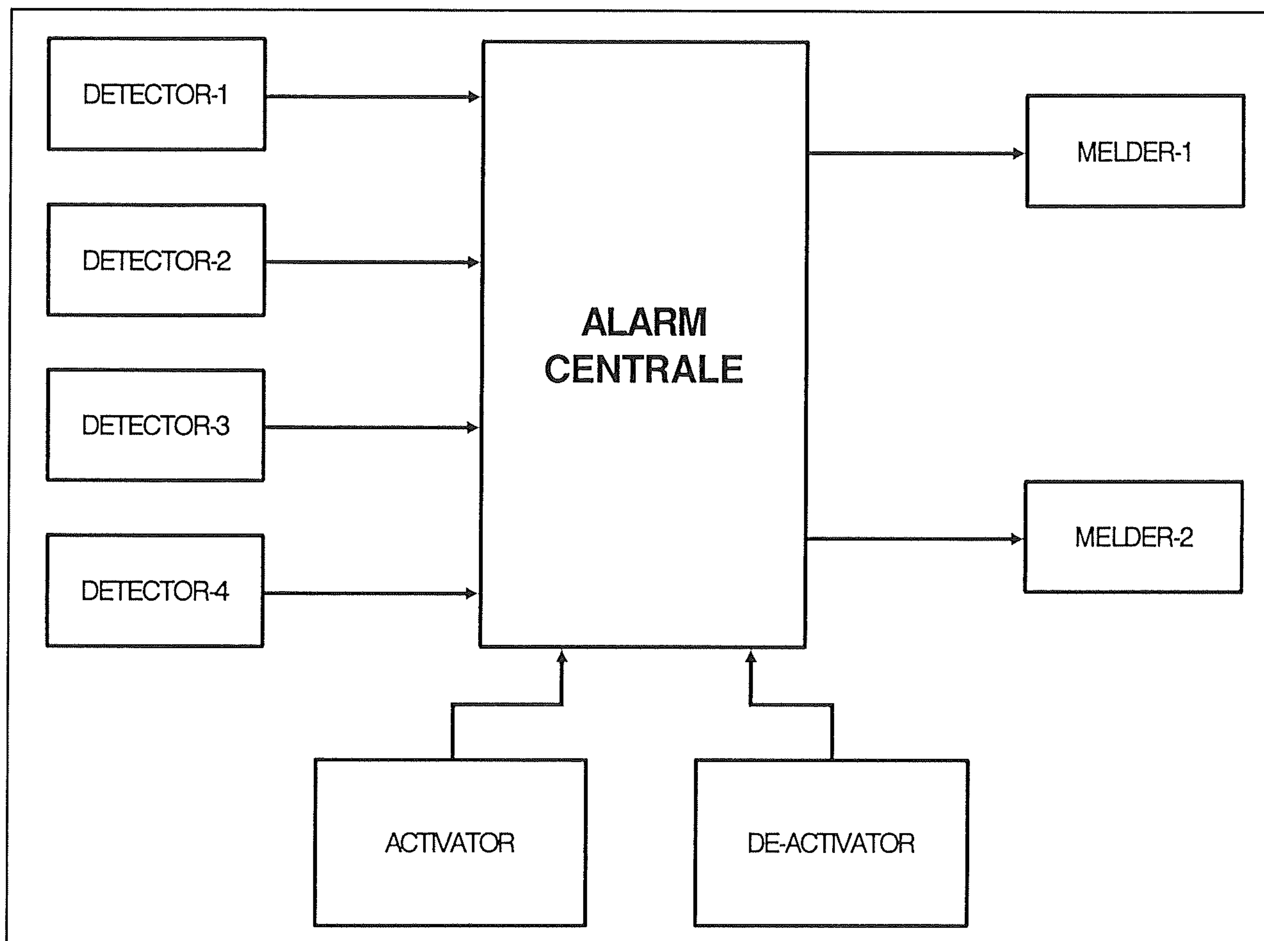
**Zélf doen loont!**
De meeste mensen hebben het gevoel dat de maatschappij onveiliger wordt en dat de politie niet meer in staat is huis en haard afdoende te beveiligen. Of dit nu een terecht gevoel is of niet wordt in dit kader in het midden gelaten. Feit is wel dat steeds meer bewoners van huizen en flats er toe overgaan hun inboedel te beschermen tegen ongewenst bezoek. Er is dus een levendige markt ontstaan in beveiligingsinstallateurs, systemen en -set's en men kan zonder enig probleem meer dan *f* 5.000,00 uitgeven als men aan een professionele beveiligingsfirma opdracht geeft een volledig beveiligingssysteem voor een huis te ontwerpen en te installeren.
Jammer van het geld, want als er nu één gebied van de toegepaste elektronica is waar de actieve doe-het-zelver aan zijn of haar trekken kan komen, dan is het wel de beveiliging. De toegepaste technieken zijn vrij eenvoudig en zelfs de meest uitgebreide alarminstallatie kan ontrafeld worden tot vrij eenvoudige deelschakelingen. Deze kunnen door iedere hobby-ist met enige elektronicakennis zonder meer zélf in elkaar geknutseld worden. Bovendien zijn alle delen van het systeem ook kant-en-klaar te koop voor zeer aantrekkelijke prijzen, zodat het op een eenvoudige manier mogelijk is een systeem te installeren dat volledig op de eigen wensen aansluit.

**Overzicht**
Er zijn in de loop der jaren talrijke systemen en technieken ontwikkeld waarmee men ongewenst bezoek kan detecteren. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van deze technieken en worden richtlijnen aan de hand gedaan hoe deze toegepast en geïnstalleerd kunnen worden. Een beveiligingssysteem bestaat steeds uit vijf onderdelen:
- de alarmcentrale;
- de detectoren;
- de activator;
- de de-activator;
- de alarmmelders.

Die vijf onderdelen kunnen tot het blokschema van figuur 3/8.10.13-1 verenigd worden.

**LEES OOK:**
Hoofdstuk 3/8.10.5
Hoofdstuk 4/14.5
Hoofdstuk 4/14.6
Hoofdstuk 4/14.7
Hoofdstuk 4/14.15
Hoofdstuk 4/14.20
Hoofdstuk 6/7.10






**Figuur 3/8.10.13-1:** Het algemeen blokschema van een alarmsysteem.

## De alarmcentrale

In de alarmcentrale worden de gegevens van de diverse detectoren onderzocht. Een goede centrale is in staat valse alarmen te onderdrukken en sabotage, bijvoorbeeld door het doorsnijden van kabels, te detecteren.
Als de centrale een echt alarm detecteert, worden een of meerdere alarmmelders gestuurd. Dat kan zonder vertraging, maar ook na een instelbare vertraging gebeuren.
De centrale reageert bovendien op de signalen van de activator en de-activator, waarmee het systeem in- en uitgeschakeld kan worden.

Een heel belangrijk punt van iedere alarmcentrale is dat deze voorzien moet worden van een eigen spanningsvoorziening, die onafhankelijk van het net werkt. Het systeem moet immers ook in werking blijven als de netspanning om de een of andere reden wegvalt.

## De detectoren

Als men alle systemen op een rijtje zet, kan men onderstaande hoofdgroepen onderscheiden:
- mechanische systemen;
- infrarode systemen;
- ultrasone systemen;
- radarsystemen;

- capacitieve systemen;
- pyro-elektrische systemen.

Nu is het niet zo dat als men bijvoorbeeld kiest voor een systeem met mechanisch detectoren men niet gebruik zou kunnen maken van bijvoorbeeld een pyro-elektrische detector voor ruimtebewaking. Ieder systeem heeft specifieke voor- en nadelen en men kan zonder probleem diverse technieken combineren om de specifieke nadelen te omzeilen en voordeel te trekken uit de specifieke voordelen.

Een goede alarmcentrale moet in staat zijn de signalen van alle systemen te verwerken.

**Compatibiliteit**

Om de verschillende systemen door elkaar te kunnen gebruiken, moet er sprake zijn van een zekere mate van compatibiliteit. Goede detectoren hebben daarom altijd een mechanische contact als uitgang. Natuurlijk kan dat mechanisch contact aanwezig zijn onder de vorm van de schakelaar van een (reed)relais. Het mechanisch contact moet volledig los staan van de in de detector gebruikte elektronica. Men noemt dat een "potentiaal vrij" contact. De contacten kunnen dan zonder problemen opgenomen worden in de seriële of parallelle ingangslussen van de alarmcentrale.

**De overige onderdelen**

Hart van ieder beveiligingssysteem zijn de opgesomde detectiesystemen en de centrale. Maar aan een beveiligingssysteem heeft men niets als men het systeem niet voorziet van alarmmelders, activators en de-activators.

De alarmmelders geven aan dat het systeem een inbraak of poging daartoe heeft geconstateerd. Met activators en de-activators kan men het systeem in- en uitschakelen. Ook deze twee aspecten van een goed beveiligingssysteem zullen besproken worden.

**Hoe te beveiligen?**

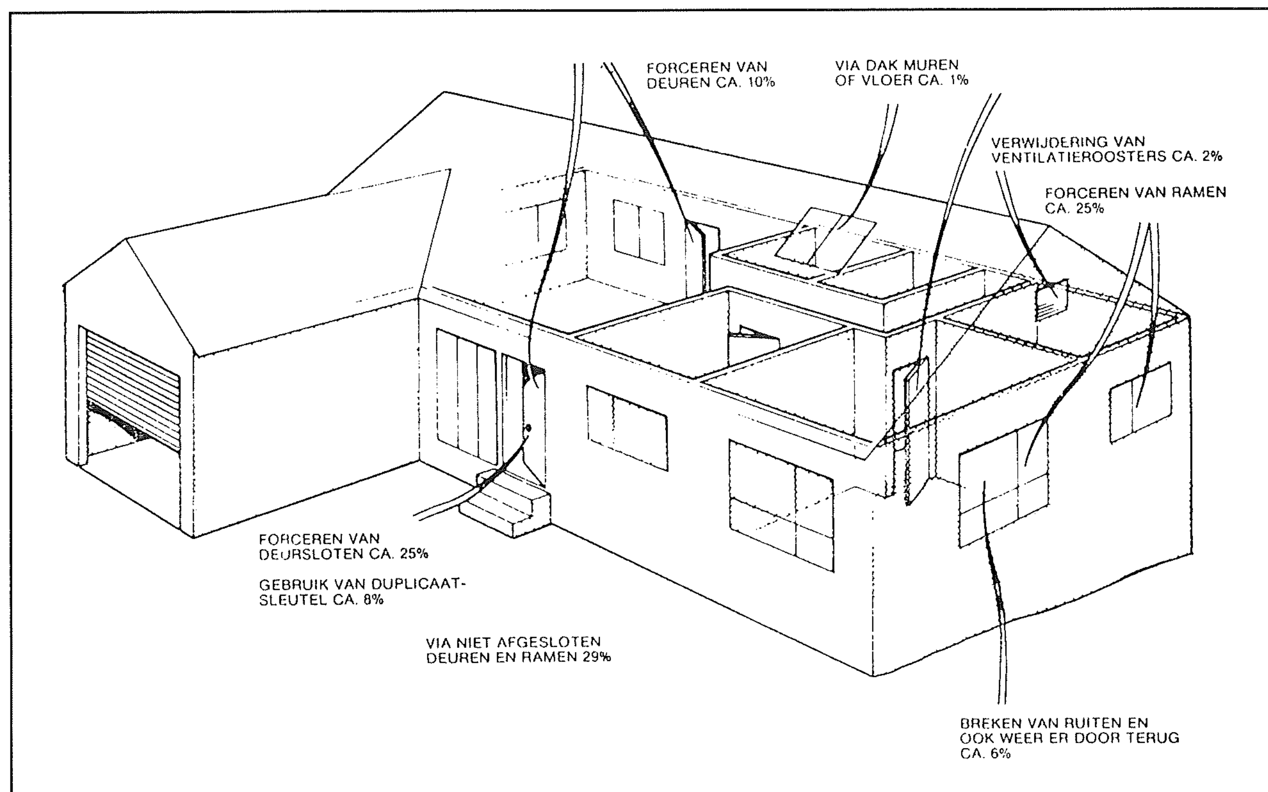
Een modern huis is geen versterkte middeleeuwse burcht met een slotgracht vol gevaarlijke krokodillen en een ophaalbrug. Inbrekers hebben tal van manieren ontdekt om een huis binnen te dringen. Wie zijn of haar huis wil beveiligen zal dus eerst iets meer moeten weten over gewoonten en gebruiken van inbrekers. Daar bestaan uiteraard statistieken van en het schemaatje van figuur 3/8.10.13-2 geeft een zeer overzichtelijke vertaling van deze statistieken.

Eerst een onthutsende mededeling: bijna 30 % van de inbraken wordt gepleegd door dieven die via ***niet afgesloten*** ramen en deuren binnen kunnen komen! Leg de rode loper maar klaar! Nog eens ongeveer 30 % van alle inbraken wordt gepleegd door deuren en/of deursloten te forceren. Ook het forceren van ramen is populair: circa 25 % van alle inbraken is hieraan te wijten. Minder populair is het breken van ruiten, ongetwijfeld vanwege het gedoe dat dit met zich meebrengt: bij slechts 6 % van alle inbraken kan men ook nog eens nieuwe ramen laten inzetten. Tot slot zijn er natuurlijk nog de nodige exotische gevallen, zoals:

- inbraak via het dak, vloer of dakraam, 1 %;
- inbraak via het verwijderen van ventilatieroosters, circa 2 %;
- gebruik van een duplicaatsleutel, gemiddeld 8 %.

Het zal dus duidelijk zijn dat men een heel eind opschiet door ramen en deuren steeds te sluiten en door deze attributen te beveiligen.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.13-2:** Procentuele verdeling van de manier waarop in huizen wordt ingebroken.

# Mechanische detectoren

## Inleiding

Mechanische detectoren zijn de oudste en nog steeds meest toegepaste inbraakdetectoren.
Zij bestaan uit schakelaars, die door te openen of te sluiten detecteren dat een raam of deur geopend wordt. Er bestaan verschillende soorten, die ieder een specifieke functie hebben:
- zuiver mechanische schakelaars;
- magnetisch bediende schakelaars;
- glasbreukfolie;
- trilschakelaars;
- matschakelaars.

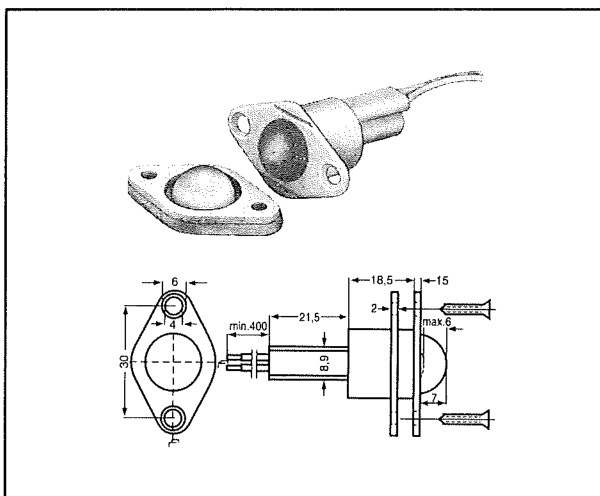
## Zuiver mechanische schakelaars

Deze schakelaars worden zuiver mechanisch bediend, bijvoorbeeld door een klein hefboompje of een verende kogel. In figuur 3/8.10.13-3 is als voorbeeld een kogelschakelaar getekend. Het contact wordt gesloten als de verende kogel ingedrukt wordt. Deze alarmschakelaars kunnen ingebouwd worden in normale deuren en ramen, maar zijn ook geschikt om schuifdeuren en ramen te beveiligen. Bovendien zijn zij erg goed bruikbaar in winkels. Zij kunnen bijvoorbeeld ingebouwd worden in toonbanken, waarbij zware voorwerpen die uitgestald staan de kogels ingedrukt houden. Als iemand het voorwerp optilt zal de verende kogel zichzelf naar boven drukken waardoor het contact geopend wordt.

## Magnetisch bediende schakelaars

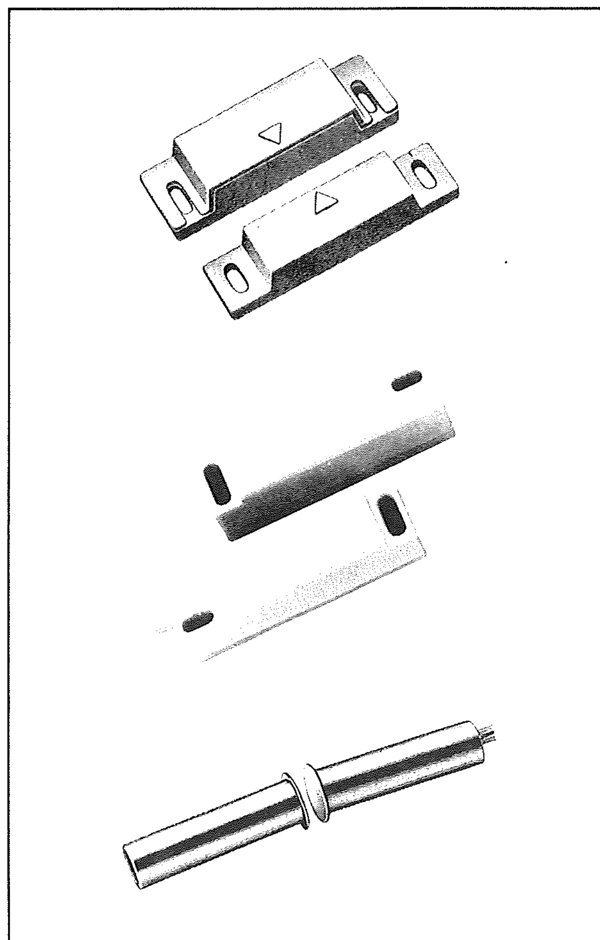
Deze schakelaars bestaan uit twee delen. In het ene deel zit een klein sterk staafmagneetje, in het andere deel een reed-

contact. Een reedcontact bestaat uit een klein vacuüm gezogen glazen buisje, waarin twee metalen lamellen zijn ingesmolten. Een van de lamellen is van een magnetisch actief metaal gemaakt, het ander van een niet magnetisch actief metaal.

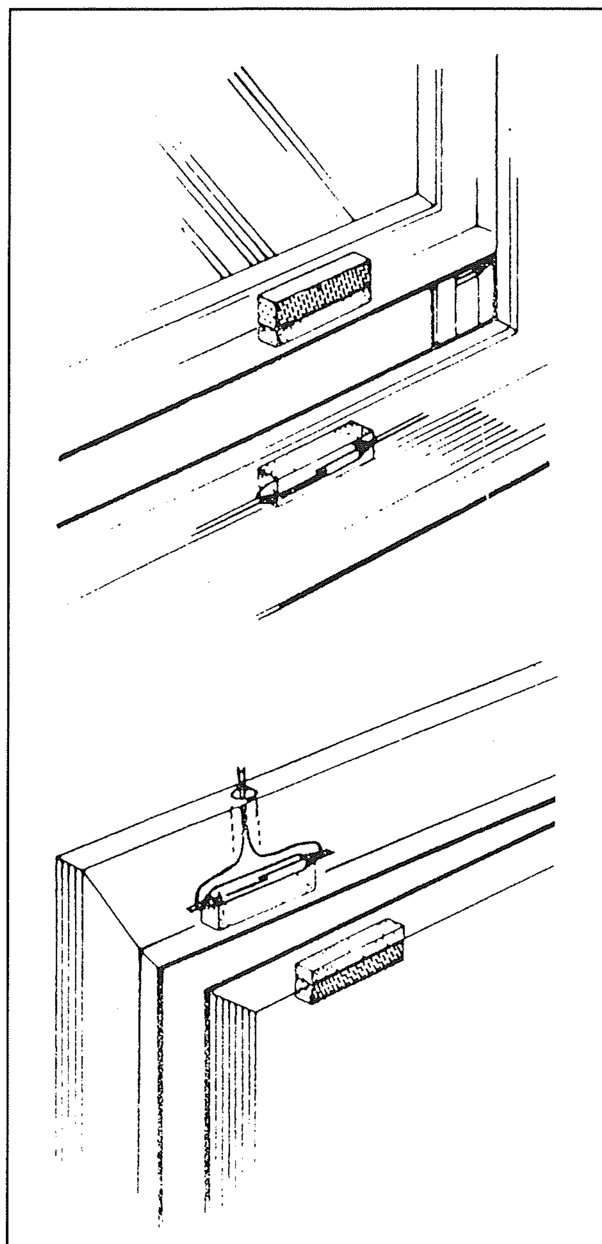



**Figuur 3/8.10.13-3:** Een kogelschakelaar, bruikbaar voor het beveiligen van deuren, ramen en zware voorwerpen.

Als er een magneet in de buurt wordt opgesteld zal de ene lamel worden aangetrokken, waardoor het contact tussen beide lamellen gesloten wordt. Als dus beide delen van de schakelaar in elkaars nabijheid staan, zal het magnetisch veld de reedschakelaar gesloten houden. Worden beide delen van elkaar verwijderd, dan opent de schakelaar. Dergelijke schakelaars zijn dus uitermate geschikt voor het beveiligen van open draaiende deuren en ramen. Er zijn verschillende uitvoeringen op de markt, waarvan er drie worden voorgesteld in figuur 3/8.10.13-4. De twee bovenste zijn opbouwschakelaars, de onderste is een subminiatuur uitvoering, die onopvallend in een kozijn en deur of raam gemonteerd kan worden. De diameter van beide delen bedraagt slechts 8,5 mm, zodat het volstaat twee kleine gaatjes in het kozijn en in de deur te boren. Uiteraard wordt het deel met staafmagneet in de deur bevestigd, zodat men geen bedrading in de deur moet aanleggen. In figuur 3/8.10.13-5 zijn enige mogelijkheden getekend om de opbouwschakelaars in deur of raam te monteren. Ook nu worden de delen met magneet uiteraard op de bewegende delen gemonteerd, dus op raam of deur. Dergelijke schakelaars kosten tussen *f* 6,00 en *f* 10,00. Nu lijkt het veel goedkoper om zélf te experimenteren met losse staafmagneetjes en reedcontacten.



**Figuur 3/8.10.13-4:** Drie uitvoeringen van magnetisch bediende schakelaars.



**Figuur 3/8.10.13-5:** Het monteren van magnetisch bediende opbouwschakelaars in een raam (boven) of in een deur (onder).

Toch moet dit ten stelligste afgeraden worden. De kant-en-klaar te kopen magneetschakelaars zijn zo ontworpen, dat de reedschakelaar niet reageert op kleine bewegingen van raam of deur, bijvoorbeeld ten gevolge van tocht of storm. Door deze bewegingen gaat het magnetisch veld rond de reedschakelaar natuurlijk variëren. De toegepaste reedschakelaars hebben een bepaalde hysteresisch, waardoor zij maar eerst reageren als het magnetisch veld onder een zeer lage waarde daalt. Bovendien zijn de behuizingen zo gemaakt, dat beide delen precies sluitend op elkaar gemonteerd kunnen worden. Via de standaard aanwezige bevestigingsgleuven kan men dat afstellen. Het is de vraag of zelf in elkaar geknutselde systemen aan deze specificaties voldoen!

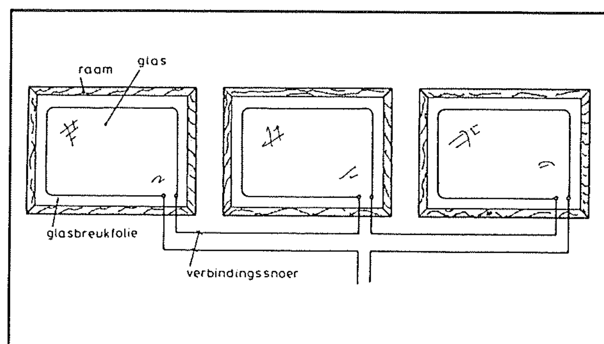
**Glasbreukfolie**

Deze folie bestaat uit een soort plakband, waarin een uiterst dunne laag aluminiumfolie verwerkt is. De tape wordt op ramen geplakt, zie figuur 3/8.10.13-6 en door middel van dunne draadjes, die onder begin en einde van de folie geplakt worden, elektrisch toegankelijk gemaakt. Diverse ramen kunnen op die manier beveiligd worden, waarbij één grote gesloten elektrische lus gevormd wordt. Als een raam breekt of barst, zal de dunne aluminiumfolie onderbroken worden en wordt de elektrische lus geopend. Hoewel dit systeem als nadeel heeft dat de tape duidelijk op het glas te zien is, hetgeen niet door iedereen even fraai gevonden wordt, is anderzijds het voordeel hiervan dat ook inbrekers dit zien. Alleen zeer ervaren indringers zullen dan nog behoefte hebben om hun werkzaamheden verder te zetten!

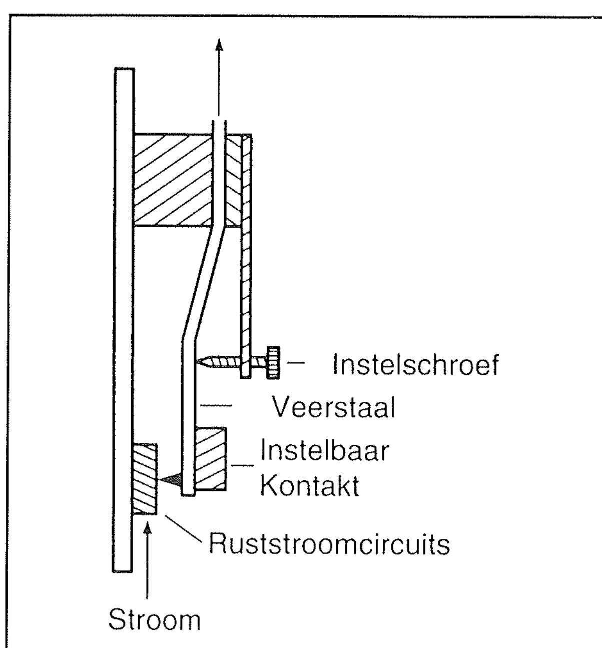
**Trilschakelaars**

Ook deze detectoren kunnen gebruikt worden voor het beveiligen van ramen. Hierbij wordt dan toch voornamelijk gedacht aan grote glasoppervlakken, zoals etalages van winkels.

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper

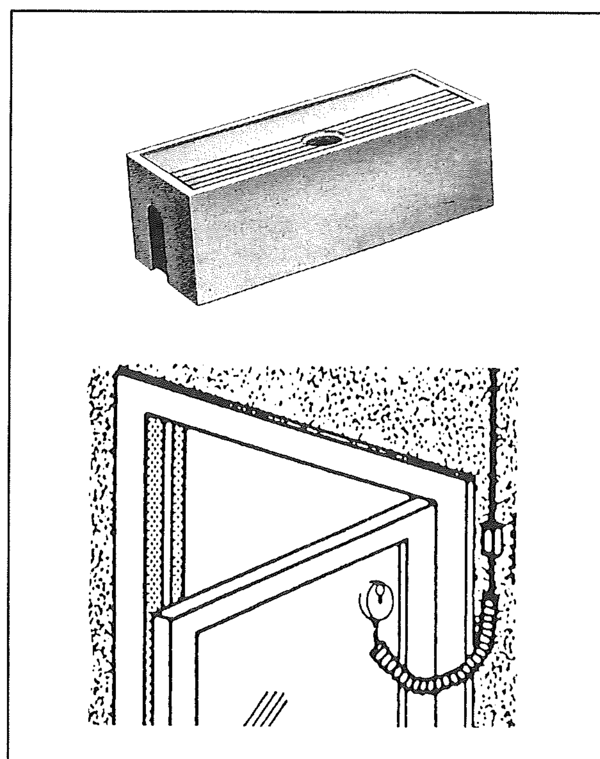



**Figuur 3/8.10.13-6:** Ramen kan men beveiligen door het aanbrengen van glabreukfolie.




**Figuur 3/8.10.13-7:** De samenstelling van een trilcontact.

Het principe van een trilschakelaar is getekend in figuur 3/8.10.13-7. Een zeer dunne lamel van verend staal wordt door een instelschroefje nét tegen een vast contact geduwd. Als het geheel gaat trillen zal de lamel gaan meetrillen, waardoor het contact oscillerend onderbroken wordt. Dit verschijnsel moet door de alarmcentrale gedetecteerd worden. Het zal duidelijk zijn dat dergelijk detectoren zeer gevoelig zijn voor valse alarmen. Het volstaat dat de ruit even gaat trillen, bijvoorbeeld door een windvlaag, of het contact wordt onderbroken. Ondanks deze onbetrouwbaarheid worden trilschakelaars toch nog vrij vaak toegepast, tot verdriet van politie en beveiligingsfirma's, die duizenden keren per jaar tevergeefs moeten uitrukken. In figuur 3/8.10.13-8 is een praktische uitvoering van een trildetector getekend, met de manier waarop het onderdeel op een ruit geplakt kan worden en aangesloten. Dergelijke detectoren moeten altijd op de hoek van een ruit worden aangebracht, anders is de onbetrouwbaarheid veel te groot. Men herkent duidelijk het gaatje, waarlangs men het instelschroefje kan afregelen op de gewenste gevoeligheid.

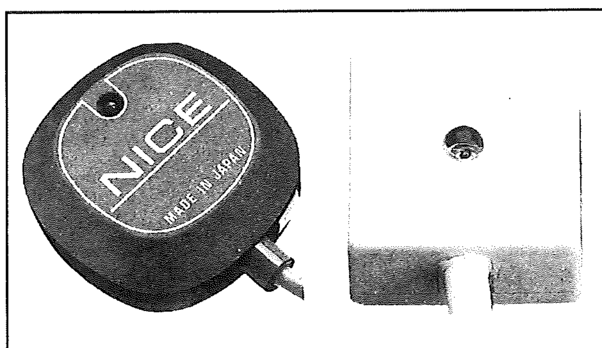


**Figuur 3/8.10.13-8:** Een praktische uitvoering van een trildetector en de manier waarop deze op de ruit wordt gemonteerd.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

### Opmerking

Opgemerkt moet worden dat er tegenwoordig ook actieve trillingsdetectoren bestaan. Deze werken elektronisch met als basis een piëzo-ceramisch elementje in een LC-oscillator. De kring, waarvan het element de condensator vormt, is afgestemd op de resonantiefrequentie van zwaar trillend of brekend glas. De oscillatorkring is zo gedempt dat onder normale omstandigheden geen sprake is van oscilleren. Als een ruit wordt gebroken zal het piëzo-elementje gaan trillen. Hierdoor wordt de oscillator even aan het werk gezet. Het uitgangssignaal van de oscillator wordt versterkt, gelijkgericht en gebruikt voor het bedienen van een reedrelais. Deze trillingsdetectoren zijn veel betrouwbaarder dan hun zuiver mechanisch werkende soortgenoten, maar uiteraard hangt er een behoorlijk prijskaartje aan vast. De in figuur 3/8.10.13-9 voorgestelde exemplaren kosten ongeveer *f* 75,00.

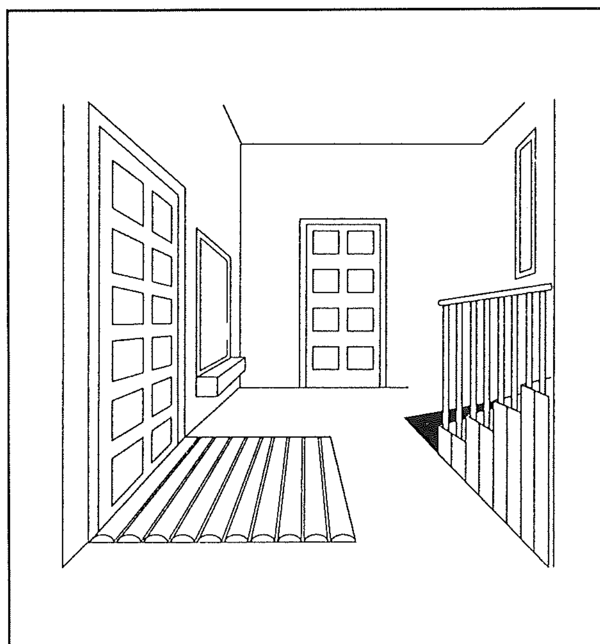



**Figuur 3/8.10.13-9:** Twee uitvoeringen van actieve trillingsdetectoren.

### Matschakelaars

Voor het beveiligen van gangen en trappen bestaan matschakelaars. Dunne kunststof constructies, die een schakelaar sluiten als er op getrapt wordt.
Vanwege de dikte van slechts 2 mm kan men deze matten ongemerkt wegwerken onder traploper en vloerbedekking.

De matten zijn leverbaar met verschillende afmetingen en kosten tussen *f* 10,00 en *f* 50,00. Zoals uit figuur 3/8.10.13-10 blijkt, bestaan deze matten uit een basisdeel, waarop met lucht opgeblazen folies gelast zijn. De binnenzijde van basisdeel en bovendelen zijn voorzien van een laagje aluminium. Als men op de mat trapt, sluit men uiteraard de aluminium laagjes kort en sluit de schakelaar.



**Figuur 3/8.10.13-10:** De constructie van een matschakelaar.

### Voor- en nadelen van mechanische systemen

Mechanische detectoren hebben als voordeel dat zij goedkoop zijn en in de meeste gevallen zeer betrouwbaar werken. Natuurlijk zijn er enige in het oog springende nadelen. Wil men een heel huis op deze manier beveiligen, dan zal men vaak honderden meter kabel moeten gaan aanleggen. Nu kan deze kabel dun en dus goedkoop zijn, maar het valt niet mee om

al die tientallen meter die door woon-, slaapkamers en keuken lopen netjes af te werken. Een tweede nadeel is dat iedere ervaren inbreker ongetwijfeld zal merken dat er schakelaarsensoren zijn aangebracht. De bedrading is nooit voor 100 % volledig weg te werken!
Een derde nadeel is dat het systeem niet erg sabotageveilig is. Hoewel er ingenieuze systemen zijn ontwikkeld, waarbij zowel het doorknippen van een kabel als het kortsluiten van de aders in een kabel tot alarm aanleiding geeft, werken deze systemen toch niet absoluut zeker.

# Infrarode systemen

### Werkingsprincipe

Infrarode systemen werken door het onderbreken van een onzichtbare lichtstraal. Een zendertje zendt een smalle infrarode lichtstraal uit, die onzichtbaar is voor het menselijk oog. Elders staat een detector, die op de straal gericht is en een alarmschakelaar sluit als de straal niet meer ontvangen wordt.
In de meeste gevallen wordt gewerkt met pulsmodulatie. De zender straalt dus geen continue lichtbundel uit, maar een pulserende bundel. Het voordeel is dat men de infrarode LED met grote piekstromen kan aansturen, waardoor dit onderdeel in staat is een flinke hoeveelheid straling op te wekken. De te overbruggen afstand wordt groter.
Een tweede voordeel is dat men in de ontvanger een selectieve versterker kan inbouwen, die afgestemd is op de frequentie van de zender. Het systeem wordt hierdoor minder gevoelig voor zonlicht of voor sabotage door instraling met een andere infrarode lichtbron.

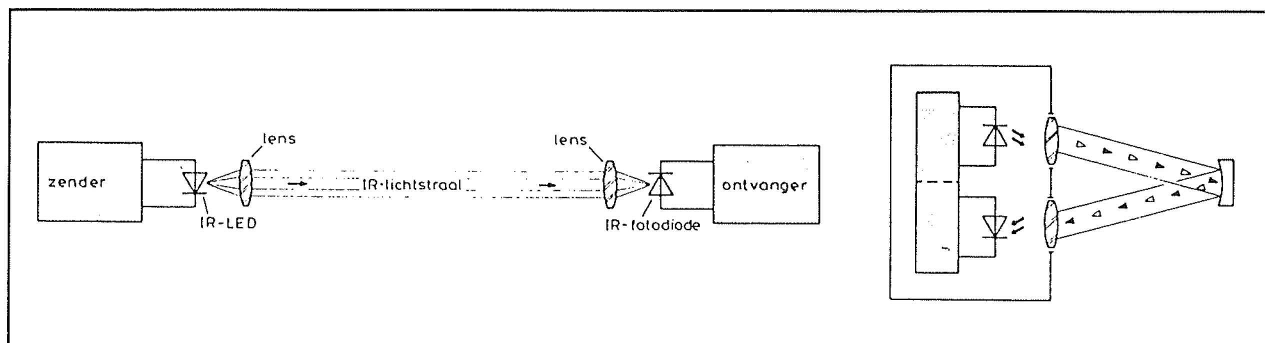
### Soorten

Er bestaan twee soorten infrarode onderbrekingsdetectoren: de directe en de reflexsystemen. Het verschil is getekend in figuur 3/8.10.13-11. Bij het directe systeem zijn zender en ontvanger op verschillende plaatsen opgesteld, bijvoorbeeld links en rechts van een deuropening. De lichtstraal gaat rechtstreeks van de zender naar de ontvanger. Bij het reflexsysteem zitten zender en ontvanger in één behuizing en komt de verbinding tot stand via een reflecterende holle spiegel. Het voordeel van het laatste systeem is dat er naar slechts één plaats bedrading moet worden aangelegd. Het uitrichten van het systeem is echter moeilijker.

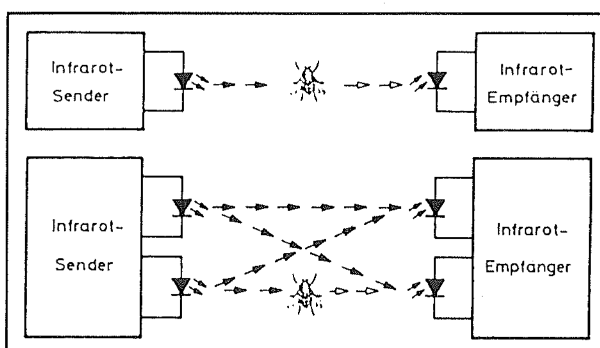
### Zelfbouw

Direct werkende infrarode systemen lenen zich uitstekend voor zelfbouw. De zender kan bestaan uit een eenvoudige astabiele multivibrator, die een signaal met een frequentie van 1 kHz aflevert. Het uitgangssignaal moet wel zeer asymmetrisch zijn, bijvoorbeeld 5 % wel signaal en 95 % geen signaal. Nadien volgt een vermogenstrapje, waarmee de infrarode LED wordt gestuurd.
De ontvanger bestaat uit een infrarood gevoelige fotodiode en een gevoelige versterker met filterterugkoppeling, die op dezelfde frequentie als de zender werkt. Nadien volgt een detector die het ontvangen signaal gelijkricht en een relaisstuurtrap. Gebruikt men een lensloze LED, dan zal de zender een sterk uitwaaierende bundel licht uitstralen en is de plaats van de ontvanger niet erg kritisch. De reikwijdte is echter beperkt. Gebruikt men een LED met lens, dan zendt het systeem een vrij smalle bundel uit, die tot op een afstand van tien meter goed te detecteren is.

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper




**Figuur 3/8.10.13-11:** Het principe van directe en reflex infrarode systemen.




**Figuur 3/8.10.13-12:** Door gebruik te maken van twee infrarode lichtstralen neemt de storingsgevoeligheid af.

Men moet de ontvanger dan uiteraard wel heel nauwkeurig op de zender uitrichten. Reflexsystemen zijn, vanwege de noodzakelijke optische onderdelen zoals lenzen en reflectoren, niet zo geschikt voor zelfbouw.

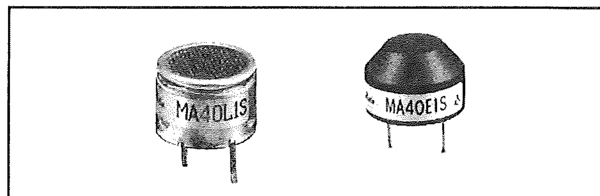
**Tweestraal systemen**

De besproken systemen hebben als nadeel dat zij vrij storingsgevoelig zijn. Werkt men met een zeer gebundelde lichtstraal dan kan zelfs een nachtmotje, dat toevallig door de straal fladdert, het alarm laten afgaan. Om die storingsgevoeligheid te reduceren heeft men tweestraal systemen ontwikkeld. Het principe volgt uit figuur 3/8.10.13-12.
De bovenste tekening schetst het probleem, de onderste tekening levert de ingenieuze oplossing. De zender heeft twee eindtrappen, die ieder een gebundelde LED sturen. Deze stalen staan kruiselings gericht op twee infrarode detectoren in de ontvanger. Vanwege de straalspreiding zullen beide detectoren door beide LED's bestraald worden. Het alarm wordt alleen geactiveerd als beide stralen onderbroken worden en dat is iets waar een insect niet toe in staat is. De afstand tussen beide LED's bedraagt meestal 10 tot 25 cm.

**Voor- en nadelen van infrarode systemen**

Infrarode systemen lijken uitstekend geschikt voor het beveiligen van doorgangen, waar men zeker van is dat inbrekers er doorheen moeten lopen. Dat zijn deuren, gangen en trappen. De zelfgebouwde systemen hoeven niet meer dan een paar tientjes te kosten, zeker als men gebruik maakt van een decentrale voeding en de kastjes via een vieraderig PTT-kabeltje met de centrale verbindt. De derde en vierde aders kunnen dan gebruikt worden voor het distribueren van massa en voedingsspanning. De twee overige aders worden natuurlijk gebruikt voor het samenstellen van de alarmlussen.
Toch heeft het systeem één heel groot nadeel.
Professionele inbrekers beschikken tegenwoordig over eenvoudige apparatuur, waarmee de aanwezigheid van infrarood

licht opgespoord wordt. Er bestaan zelfs "elektronische brillen", tamelijk eenvoudige beeldversterkers die heel gevoelig zijn voor dit soort licht. Zet men een dergelijke bril op, dan is de straal IR-licht heel duidelijk te zien en kan men er onderdoor kruipen!




**Figuur 3/8.10.13-13:** Twee voorbeelden van ultrasone transducers.

# Ultrasone systemen

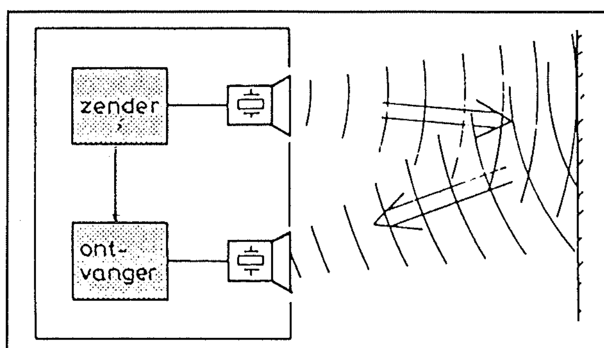
**Werkingsprincipe**

Ultrasone systemen, ook US-systemen genoemd, werken dank zij het Doppler-effect. Als golven (wat voor soort dan ook, het Doppler-effect is universeel van toepassing) van een bewegend voorwerp terugkaatsen, dan zullen de golftoppen in de teruggekaatste golf samengeperst zijn of uitgerokken. Een en ander is afhankelijk van de bewegingsrichting van de golven en van het bewegend voorwerp. Omdat ieder golfverschijnsel ook een frequentie heeft, zal dank zij het Doppler-effect de frequentie van de teruggekaatste golven dus groter of kleiner zijn. Dat geldt echter alleen als het voorwerp beweegt. Staat het voorwerp stil, dan is de frequentie van de teruggekaatste golf precies gelijk aan deze van de uitgezonden golf. Met dit principe kan men vrij eenvoudige bewegingsdetectoren bouwen, die in staat zijn zelfs de kleinste beweging in een ruimte te detecteren.
Als golfverschijnsel wordt gebruik gemaakt van geluid en wel geluid met een frequentie die zo hoog is dat de mens er niets meer van merkt. Er wordt gewerkt met ultrasone transducers, kleine piëzoceramische resonatoren met een resonantiefrequentie van ongeveer 40 kHz. In figuur 3/8.10.13-13 zijn twee van deze transducers voorgesteld.

**De elektronica**

Het elektronisch principe van een ultrasone beveiliging is getekend in figuur 3/8.10.13-14. Een zender, bestaande uit een oscillator en een eindtrapje, stuurt de eerste ultrasone transducer. Natuurlijk is de oscillator afgeregeld op de resonantiefrequentie van de transducer, zodat hij maximaal vermogen uitstraalt. De onhoorbare luchttrillingen verspreiden zich door de ruimte en worden teruggekaatst door voorwerpen zoals een muur. De teruggekaatste luchttrillingen worden door een tweede ultrasone transducer opgepikt. Deze werkt als microfoon en wekt een uiterst kleine wisselspanning op. Deze wordt versterkt in de ontvanger en gemengd met het signaal van de zender. Bij dit mengen ontstaan som- en verschilfrequenties. Als de frequentie van het ontvangen signaal gelijk is aan dat van de zender, is de verschilfrequentie gelijk aan nul. Dat is het geval als er geen bewegende voorwerpen in de ruimte aanwezig zijn. Als dat echter wel het geval is, zal de frequentie van het teruggekaatste signaal door het Doppler-effect iets groter of kleiner zijn. De verschillen liggen tussen 50 Hz en 200 Hz. Bij het mengen van beide signalen ontstaan dus signalen die zeer laagfrequent zijn. Deze worden gedetecteerd door de mengschakeling af te sluiten met een scherp laagdoorlaat filter. Het verschilsignaal wordt nadien versterkt en gelijkgericht. Het gelijkgerichte sig-

naal wordt gebruikt voor het sturen van een reedrelais met alarmschakelaar. In de meeste gevallen wordt in de ontvanger een tijdschakeling ingebouwd, die er voor zorgt dat het relais alleen gestuurd wordt als gedurende meer dan vijf seconde een verschilfrequentie wordt gedetecteerd. Dit bevordert de storingsongevoeligheid, omdat de schakeling dan geen alarm zal geven als er even beweging ontstaat doordat bijvoorbeeld een verdord blad van een kamerplant naar beneden valt.



**Figuur 3/8.10.13-14:** Het elektronisch blokschema van een ultrasoon systeem.

## Voor- en nadelen

Ultrasone systemen hebben als groot voordeel dat met één apparaatje, dat zender en ontvanger bevat, een groot gebied bestreken kan worden. Het volstaat bijvoorbeeld een apparaatje in de hoek van een kamer op te stellen om de gehele ruimte te beveiligen. Als men een geheel huis op dergelijke manier beveiligt heeft men vrij weinig bedrading nodig. Bovendien is een US-systeem zo goed als onmogelijk te saboteren.
Het nadeel van een dergelijk systeem is dat men vrij veel discipline aan de dag moet leggen om valse alarmen te voorkomen. Een vals alarm kan bijvoorbeeld ontstaan door huisdieren die door het huis rondspoken of door een kamerdeur die niet in het slot zit en door de tocht gaat klapperen. Soms is het reeds voldoende dat er een flinke tocht door een kamer waait om een detecteerbare verschilfrequentie te genereren!

## Praktische uitvoeringen

US-systemen kunnen vrij eenvoudig zelf gemaakt worden, maar zijn ook te koop voor ongeveer *f* 100,00. De meeste systemen zijn ingebouwd in een nepboek, met twee kleine openingen in de rug voor de twee transducers. Men kan het apparaatje dan onopvallend tussen de boeken in een rek opstellen.

## Het verschijnsel "harmonischen"

In een huis ontstaan een heleboel geluiden. Let maar eens 's nachts op in bed hoe vaak men geluiden hoort! Tikkende buizen van de centrale verwarming, deuren en vloeren die kraken, een koekoeksklok die slaat, auto's die voorbij rijden, af en toe een vliegtuig dat overvliegt, etc. Al die geluiden worden door de transducer van de ontvanger opgepikt. Nu zou dat geen probleem zijn als al die geluiden bestonden uit zuiver sinusoidale golven. Dat is nooit het geval, de meeste geluiden zijn samengestelde geluiden, hetgeen betekent dat naast de grondfrequentie ook een heleboel hoge harmonischen ontstaan. Het kan en zal dus best voorkomen dat een geluidsbron een harmonische heeft die een frequentie van bijvoorbeeld 39,8 kHz heeft. De transducer van de ontvanger pikt dit geluid op en de menger levert een verschilsignaal met een frequentie van 200 Hz. De schakeling zal, als het geluid lang genoeg aanhoudt, hierop reageren en een vals alarm afgeven. Hier is weinig tegen te doen, het is een fundamenteel nadeel van ultrasone systemen.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

# Radarsystemen

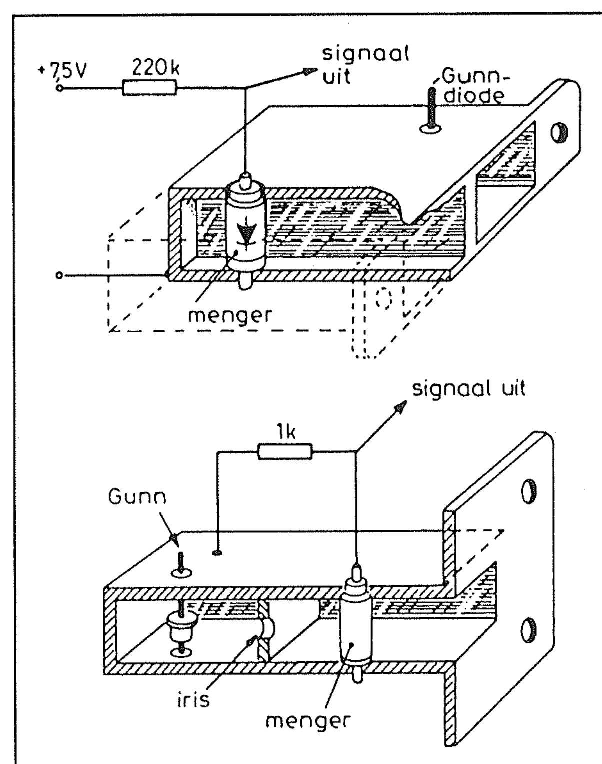
## Werking

Radarsystemen, ook wel microgolfsystemen genoemd, werken volgens hetzelfde principe als de US-systemen. Het enige verschil is dat nu niet wordt gewerkt met geluidsgolven in het 40 kHz gebied, maar met elektromagnetische golven in het GHz-gebied. Het grote voordeel is dat een dergelijk systeem niet gevoelig is voor harmonischen van allerlei geluiden die in en om het beveiligde huis ontstaan. Radarsystemen werken dus veel betrouwbaarder dan ultrasone systemen.

## De MID

Het probleem is een goedkoop systeem te ontwerpen dat in staat is signalen in het GHz gebied te genereren, te ontvangen en te detecteren. Hiervoor staat tegenwoordig de zogenoemde MID-modulen ter beschikking, afkorting van "Microwave Intruder Detector".

Hart van deze modulen zijn speciale Gunn-dioden, die als GHz-oscillator kunnen worden gebruikt. Deze dioden zijn ingebouwd in speciale behuizingen en worden alleen als kant-en-klare MID-modulen aangeboden. Het principe van een dergelijke module is geschetst in figuur 3/8.10.13-15. De Gunn-diode is opgesteld in een speciale behuizing, die "caviteit" wordt genoemd. De diode én de caviteit, die een soort van afgestemde ruimte vormt, kunnen gemakkelijk aangezet worden tot het oscilleren in het GHz-gebied. Een deel van de uitgestraalde energie treedt via een klein gaatje in de caviteit, de zogenoemde iris, naar buiten en geeft een deel van zijn energie af aan een speciale mengdiode. De rest van het signaal wordt via een opening in de behuizing naar buiten gestraald. Ook de ruimte waarin de mengdiode is gemonteerd is afgestemd op de zenderfrequentie. De gereflecteerde straling wordt in dezelfde ruimte opgevangen en gemengd met het zendersignaal. Zolang er niets beweegt in het bestreken gebied geeft de mengdiode geen signaal af. Als er iets beweegt zullen de teruggekaatste golven frequentieafwijkingen vertonen. Dit signaal wordt dan weer gemengd in de diode en er ontstaat een laagfrequente verschilfrequentie, die eenvoudig versterkt en gedetecteerd kan worden.

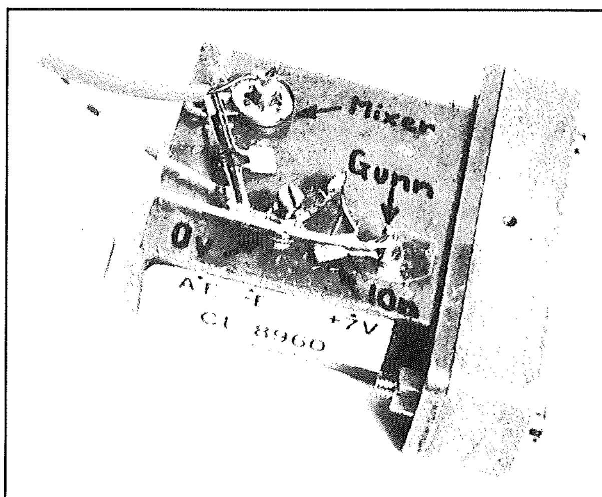



**Figuur 3/8.10.13-15:** De samenstelling van speciale modulen, die een microgolfzender en -ontvanger bevatten.

## Voor- en nadelen

De voordelen van radarsysteem zijn identiek aan deze van de US-systemen. Als

extra voordeel geldt dat een microgolfsysteem niet gevoelig is voor de harmonischen van storende geluiden. Nadeel is dat dergelijke systemen vrij prijzig zijn en nauwelijks geschikt voor nabouw, tenzij men een speciaal adresje zou weten, waar men de microgolf-modulen kan kopen. Het Engelse bedrijf Mullard heeft een aantal van dergelijke MID-modulen in het programma, met als typenummers CL8960 en CL18960. Uit figuur 3/8.10.13-16 volgt hoe een dergelijk module er uit ziet. De modulen worden gevoed met een gelijkspanning van +7,5 V en hebben slechts drie aansluitingen: de massa, de voeding en het uitgangssignaal van de menger.




**Figuur 3/8.10.13-16:** Een portret van de CL8960 MID-module van Mullard.

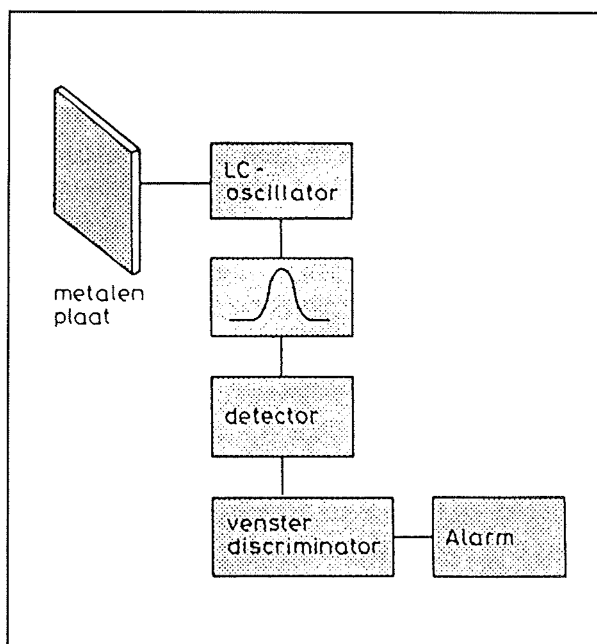
# Capacitieve systemen

### Werking

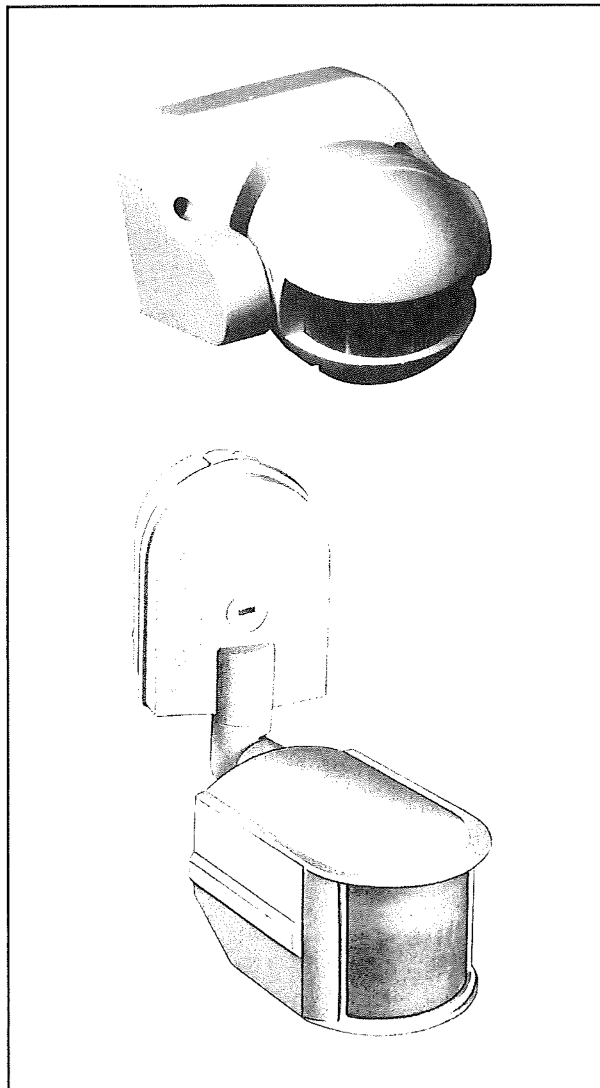
Capacitieve systemen berusten op het gegeven dat alle niet geleidende voorwerpen een bepaalde capaciteit ten opzichte van de aarde hebben. Een bekend experiment waarmee men dat kan aantonen is het "hand-effect". Kom met de top van een vinger in de buurt van een LC-oscillator die werkt in het MHz-gebied en de kans is groot dat de oscillator op een iets afwijkende frequentie gaat trillen. Van dit principe kan men gebruik maken om volstrekt onopvallend smalle doorgangen te beschermen tegen indringers.

### Blokschema

Het blokschema van een capacitief systeem is getekend in figuur 3/8.10.13-17. Een grote metalen plaat, maar dat kan natuurlijk ook een groot vel aluminiumfolie zijn, is op de muur van een gang bevestigd. Achter de plaat is een kleine schakeling aangebracht, bestaande uit een LC-oscillator, smalbandig filter, detector, vensterdiscriminator en alarmuitgang. De metalen plaat maakt deel uit van de capaciteit van de LC-kring. Deze is afgestemd op een frequentie die in het 100 MHz-gebied ligt. De LC-kring moet aan één kant geaard zijn.




**Figuur 3/8.10.13-17:** Het principe van een capacitief systeem.



**Figuur 3/8.10.13-18:** Twee goedkope uitvoeringen van PID-detectoren.

Als een persoon door de gang langs de metalen plaat loopt, zal de capaciteit van deze persoon ten opzichte van de aarde het capacitieve evenwicht van de LC-oscillator verstoren. De frequentie van de kring zal iets afwijken. Het uitgangssignaal van de oscillator wordt door een zeer smalbandige versterker gevoerd, die precies is afgestemd op de rustfrequentie van de kring. Als de frequentie iets daalt of stijgt, zal de uitgangsspanning van de smalbandige versterker lager worden. Na detectie van de wisselspanning kan de grootte van het signaal worden geobserveerd in de vensterdiscriminator. Als dit kleiner wordt dan de waarde in rust levert deze schakeling een uitgangsspanning af die het alarmrelais stuurt.

**Voor- en nadelen**

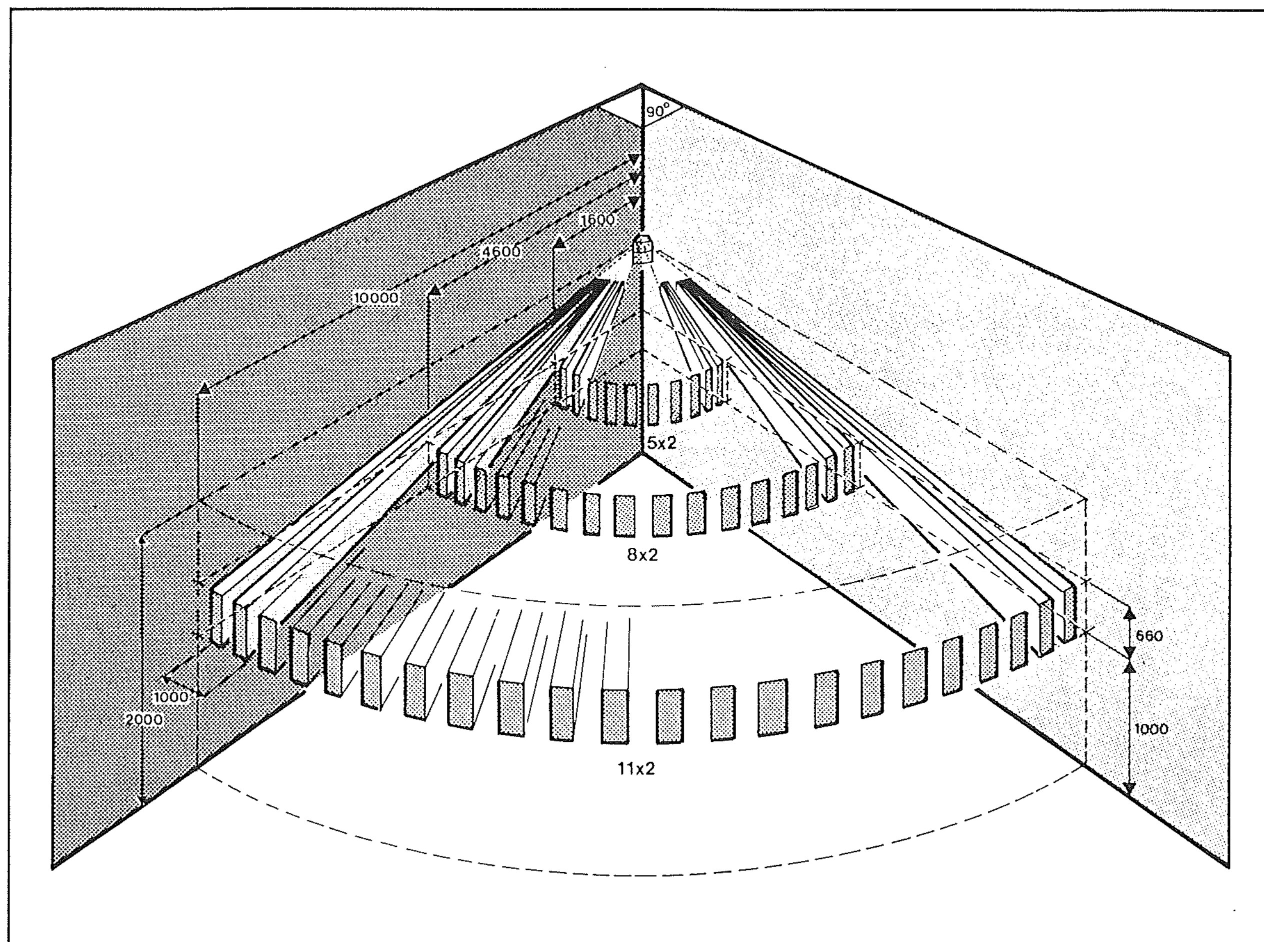
Capacitieve systemen hebben vrij weinig voordelen en zijn daarom niet erg populair. Een van de zeldzame toepassingen is de "inschakeling door middel van handoplegging". De metalen plaat is aan de binnenzijde van een winkelruit geplakt. De schakeling stuurt een bepaalde demonstratie in de etalage. Als men nu de hand op de goede plek van de ruit legt, zal het alarm een signaal afgeven, waarmee de demonstratie wordt gestart. Capacitieve systemen zijn nogal storingsgevoelig, omdat de capaciteit van de metalen plaat onder meer wordt bepaald door de diëlektrische constante ε van de lucht. Deze parameter wordt beïnvloed door de luchtdruk en de vochtigheidsgraad van de lucht.

# Pyro-elektrische systemen

**Werkingsprincipe**

Pyro-elektrische systemen zijn in, tegenwoordig. De meeste moderne beveiligingsinstallaties worden hiermee uitgevoerd en talloos zijn de huizen waar onverwacht een felle lamp de niets vermoedende wandelaar in het gezicht schijnt. Dergelijke systemen, ook PID genoemd van "Pyro-elektrische Infrarode Detector", meten de infrarode stralingsenergie dat ieder voorwerp uitstraalt.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.13-19:** Het beveiligingsbereik van een PID-detector, opgesteld in de hoek van een kamer.

Het is niet de bedoeling in dit hoofdstuk uitvoerig in te gaan op de werking van dergelijke detectoren. Hiervoor wordt verwezen naar de "Lees ook"-referenties.

**Praktische uitvoeringsvormen**

PID-detectoren zijn tegenwoordig te kust en te keur te koop, als losse detector met alarmuitgang of ingebouwd in een lamp. In figuur 3/8.10.13-18 worden twee uitvoeringen voorgesteld. Hoewel dergelijke detectoren in principe heel eenvoudig zelf gebouwd kunnen worden, met een Siemens PID-module als basis, loont zich dat in feite werkelijk niet meer. De kant-en-klare uitvoeringen zijn tegenwoordig reeds te koop voor *f* 30,00.

De apparaten worden geleverd voor rechtstreekse netvoeding of voor gelijkspanningsvoeding van +12 V. Deze laatste zijn goedkoper en kunnen gevoed worden uit de 12 V voeding die iedere alarmcentrale ter beschikking stelt. De sensoren kunnen het best in de hoek van een te beveiligen ruimte worden opgesteld. De meeste detectoren hebben een openingshoek van 110 graden en een instelbare gevoeligheid. Zoals bekend wordt de bestreken ruimte ingedeeld in een groot aantal segmenten, gevolg van de multisegment fresnel-lens en de dubbel uitgevoerde PID-detectoren. In figuur 3/8.10.13-19 is een indruk gegeven van het bereik van een standaard PID-detector.

Sommige uitvoeringen zijn voorzien van een zogenoemde "dubbele detectie beveiliging". Dat wil zeggen dat het alarmcontact alleen wordt gesloten als de detector twee keer kort achter elkaar een beweging in de ruimte heeft vastgesteld. Het zal duidelijk zijn dat dergelijke detectoren veel minder storingsgevoelig zijn en bij voorkeur gebruikt moeten worden.

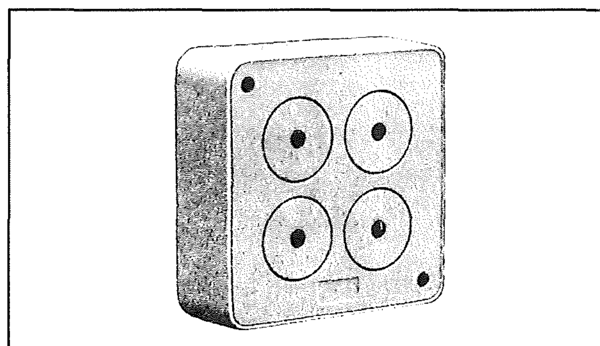
# Alarmmelders

### Geluid en licht

Alarmmelders zijn in alle mogelijke uitvoeringen in de handel, van eenvoudige zoemertjes over luide sirenes tot flitsapparaten. Apparatuur die werkt op 220 V wordt liefst niet gebruikt. Als de netspanning uitvalt heeft men hier niets aan! Gebruik dus bij voorkeur apparaten die op de in de alarmcentrale aanwezige accuspanning van 12 V kunnen werken.

### Geluid

Er valt over te twisten of het veel zin heeft een buitensirene aan te schaffen. Buurtbewoners worden tegenwoordig zo vaak lastig gevallen met auto-alarmen die per ongeluk afgaan, dat in feite niemand meer reageert als een sirene begint te loeien. Het psychologische effect op een inbreker van een aantal zeer luide binnenalarmen mag niet onderschat worden. Neem nu als voorbeeld het eenvoudig piëzo-ceramisch zoemertje dat in figuur 3/8.10.13-20 is voorgesteld. Dit apparaatje kost ongeveer twintig gulden, werkt op de standaard +12 V van de alarmcentrale, verbruikt 250 mA stroom en wekt een zeer luid meertonig alarm op. De geluidsdruk is niet minder dan 105 dB op een afstand van 3 meter! Dit ligt dicht tegen de pijngrens aan! Als men in iedere beveiligde ruimte één dergelijk apparaatje monteert zal geen enkele inbreker, hoe koelbloedig van aard ook, er iets voor voelen om in die afschuwelijke herrie zijn beroep verder uit te oefenen.

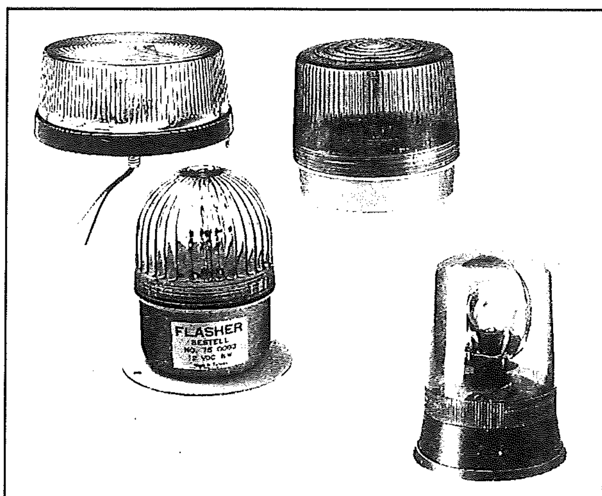


**Figuur 3/8.10.13-20:** Een goedkoop meertonig alarm, dat meer dan 100 dB geluidsdruk geeft op een afstand van drie meter.

### Licht

De meeste optische alarmmelders werken stroboscopisch. Er worden korte zeer felle lichtflitsen geproduceerd. In figuur 3/8.10.13-21 zijn vier uitvoeringen voorgesteld, in prijs variërend van *f* 30,00 tot *f* 160,00. Er zijn twee uitvoeringen beschikbaar. De goedkoopsten werken met een Xenon flitsbuis, hetzelfde element dat ook in een fotografische flitser aanwezig is. Deze worden uit +12 V gevoed en door een eenvoudige omvormer van de noodzakelijke hoogspanning voorzien. De flitsfrequentie bedraagt in de meeste gevallen 75 Hz. Het nadeel van dergelijke apparaten is dat zij een beperkte levensduur hebben (iets dat vrijwel nooit in catalogi wordt vermeld!) omdat flitsbuisjes per definitie maar een beperkt aantal maal ontstoken kunnen worden. Het tweede, veel duurdere soort werkt met een gewone gloeilamp waar omheen een

draaiende spiegel is gemonteerd. Dit principe wordt ook toegepast in de knipperlichten van politie- en brandweerauto's. Deze hebben een veel grotere attentiewaarde dan de Xenon-typen en werken ook betrouwbaarder.

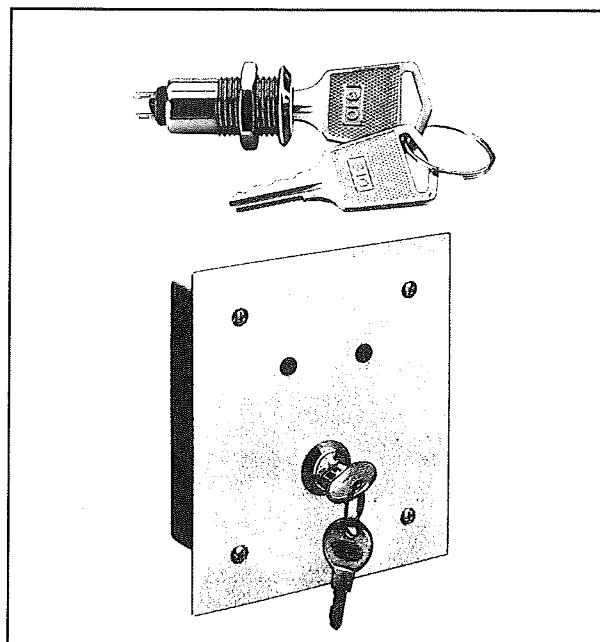



**Figuur 3/8.10.13-21:** Vier verschillende uitvoeringen van optische alarmmel-

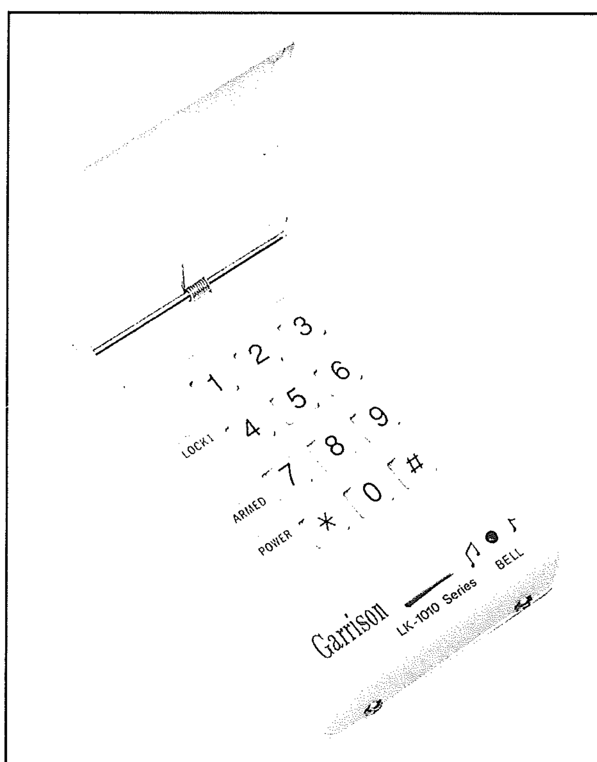
# Activators en de-activators

### Sleutelschakelaars

De meest simpele oplossing om een alarminstallatie in en uit te schakelen is gebruik te maken van sleutelschakelaars, zoals voorgesteld in figuur 3/8.10.13-22. Er zijn goedkope inbouwmodellen (boven), die in een zelf gebouwde alarmcentrale toegepast kunnen worden en waterdichte inbouwuitvoeringen (onder) die in de buitengevel verwerkt kunnen worden. Overigens moet men zich van de deugdelijkheid van sleutelschakelaars niet al te veel voorstellen, want een inbreker die zijn naam waardig is heeft een dergelijke schakelaar binnen vijf seconde uitgeschakeld!



**Figuur 3/8.10.13-22:** Sleutelschakelaars: goedkoop maar onbetrouwbaar.

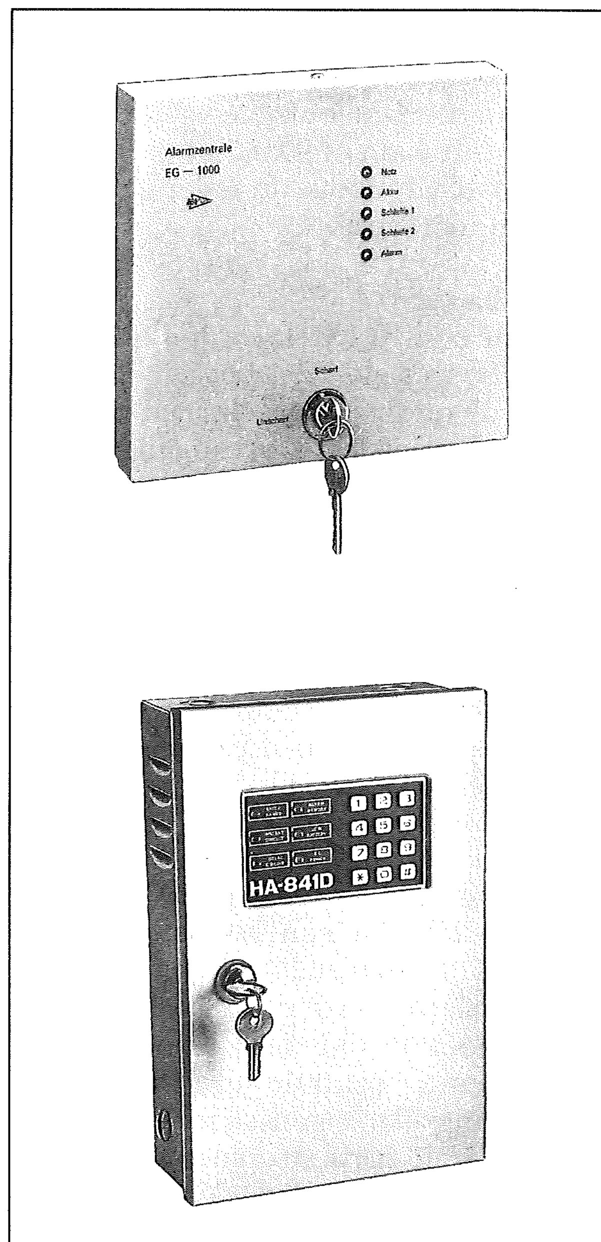



**Figuur 3/8.10.13-23:** Een digitaal codeslot waarin een zevencijferige code ingeprogrammeerd kan worden.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

### Codesloten

Veel beter kan men gebruik maken van elektronische codesloten, die tegenwoordig in diverse uitvoeringen in de handel zijn. De meest eenvoudige uitvoering bestaat uit een toetsenbordje met 12 druktoetsen, zoals voorgesteld in figuur 3/8.10.13-23. Een vrij programmeerbare code, soms tot zevencijferig, kan in een EPROM worden ingelezen. Het systeem heeft een potentiaalvrije relaisuitgang, hetgeen betekent dat de schakelaarcontacten van het relais volledig los staan van de elektronica van het slot. De luxueuze uitvoeringen hebben allerlei maatregelen ter voorkoming van sabotage. Als men probeert het kastje open te schroeven zal een alarmrelais worden gesloten. Hetzelfde gebeurt als men het kastje van de muur sloopt of als men vier maal achter elkaar een verkeerde code intoetst. Het voorgestelde model, dat *f* 90,00 kost, heeft bovendien een achtergrondverlichting voor de toetsen, zodat de beschrifting ook in duisternis goed te zien is. Een klein, maar zeer praktisch detail! Sommige digitale codesloten hebben de mogelijkheid verschillende cijfercodes in te programmeren. Er is dan een code voor het activeren van het inbraakalarm, een code voor het de-activeren van het systeem en een code waarmee het systeem getest kan worden. Ideaal, maar dan moet de toegepaste alarmcentrale natuurlijk wel in staat zijn al die signalen te verwerken.




**Figuur 3/8.10.13-24:** Twee commercieel leverbare alarmcentrales.

## De alarmcentrale

### Hart van het systeem

De alarmcentrale vormt het hart van een inbraakbeveiliging. In ieder geval moet een goede centrale beschikken over:

- minstens drie lussen voor detectoren;
- minstens twee uitgangen voor alarmmelders;
- een ingang voor een activator;
- een ingang voor een de-activator;
- een 12 V accu voor de noodstroomvoorziening.

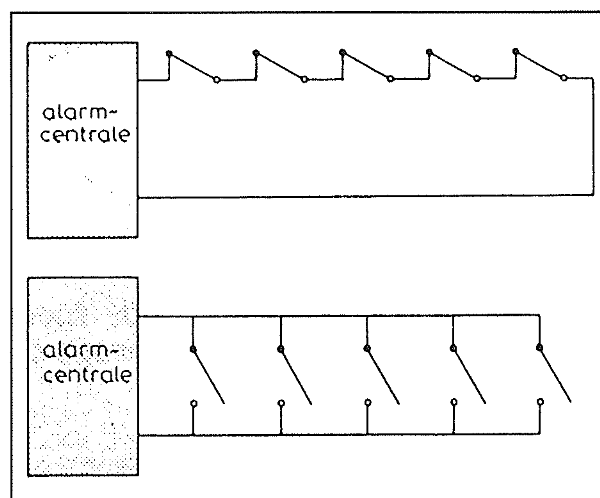
In principe kan de ervaren doe-het-zelver een dergelijke schakeling zélf ontwerpen en bouwen. Maar ook hier geldt dat de prijzen van kant-en-klare apparaten zo laag zijn, dat zelfbouw in ieder geval economisch niet loont.

### Eigenschappen

In figuur 3/8.10.13-24 worden twee centrales voorgesteld. De bovenste kost *f* 120,00, de onderste met digitaal codeslot *f* 170,00. De vier aanwezige ingangen voor lussen voor de alarmdetectoren kunnen zowel direct als vertraagd werken. Een directe ingang zal het alarm onmiddellijk laten overgaan als de lus wordt geactiveerd. Dergelijke ingangen zijn bijvoorbeeld geschikt om sabotagecontacten op aan te sluiten. Als iemand een onderdeel van het systeem probeert te saboteren is het immers van het allergrootste belang dat onmiddellijk alarm wordt gegeven. De vertraagde ingangen zijn bruikbaar voor alle overige alarmcontacten. Als de centrale vaststelt dat een lus wordt geactiveerd, zal er een instelbare tijd verstrijken alvorens alarm wordt gegeven. Men heeft dan voldoende tijd om de voordeur te openen en de centrale uit te schakelen. Een belangrijke eigenschap van iedere alarmcentrale is de stroomcapaciteit van de alarmuitgangen. De +12 V alarmuitgangen moeten in ieder geval in staat zijn een stroom van enige Ampère gedurende een half uur te leveren zonder dat de ingebouwde accu leeg raakt. Daarnaast moet nog een +12 V voedingsaansluiting beschikbaar zijn die ook minstens 1 A moet kunnen leveren en dit niet alleen tijdelijk maar continu. Uit deze voeding kan men dan alle in het systeem aanwezige PID-detectoren en eventueel het aan de voorgevel gemonteerde codeslot voeden. Iedere alarmcentrale beschikt over in- en uitschakelvertragingen. Als de activator op de centrale is gemonteerd moet men immers in staat zijn het alarm in te schakelen en dan rustig het huis te verlaten. Hetzelfde geldt voor het uitschakelen van het systeem. Die vertragingen moeten instelbaar zijn, waarbij een bereik van 5 tot 60 s noodzakelijk is.

### Opmerking

In diverse catalogi worden zeer goedkope alarmcentrales aangeboden. Wie niet let op de kleine lettertjes die stellen dat *"de noodstroomverzorging niet ingebouwd is maar los geleverd kan worden"* zal zich vreselijk bekocht voelen. Goede noodstroomaccu's kosten rond *f* 60,00, zodat goedkoop in dergelijke gevallen vaak duurkoop is!

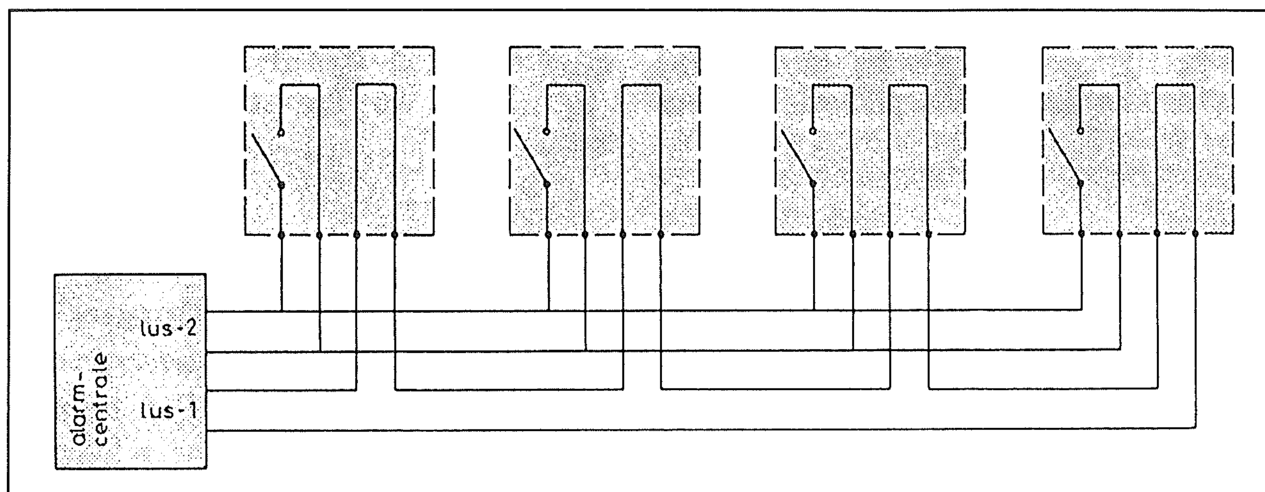



**Figuur 3/8.10.13-25:** De opbouw van een NC-lus (boven) en van een NO-lus (onder).

### De alarmlussen

Alarmsystemen werken met zogenoemde alarmlussen. Dat zijn seriële of parallelle lussen, waarin alle alarmcontacten opgenomen moeten worden. Iedere centrale heeft minstens een NC-lus en een NO-lus. Een NC-lus is onder normale omstandigheden gesloten.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**



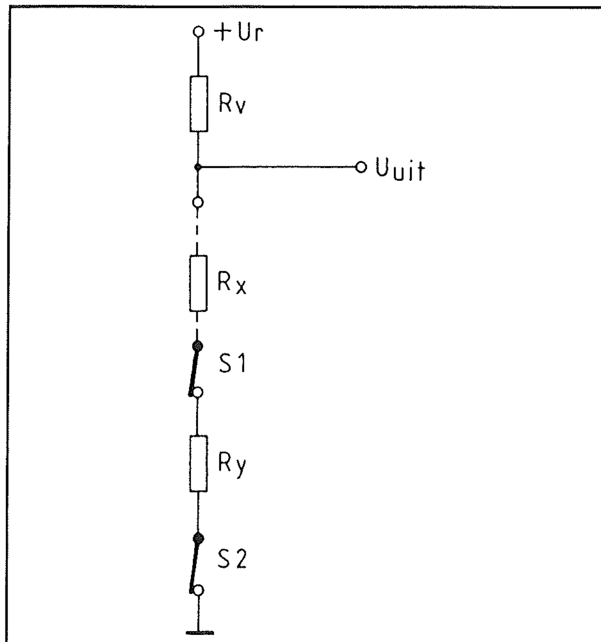

**Figuur 3/8.10.13-26:** Het vierdraadssysteem is sabotage-ongevoelig.

Dat betekent dat alle alarmschakelaars in rust gesloten zijn en bij alarm de lus openen. Een NO-lus is onder normale omstandigheden open en moet gesloten worden als een alarmcontact geactiveerd wordt.
De structuur van NO- en NC-lussen is geschetst in figuur 3/8.10.13-25. Bij een NC-lus moeten alle alarmschakelaars in serie worden opgenomen en moeten deze onder normale omstandigheden gesloten zijn. Bij een NO-lus staan alle alarmcontacten parallel en deze moeten sluiten als er een alarm geactiveerd wordt. Parallelle systemen hebben als groot voordeel dat men, in een later stadium, heel gemakkelijk een extra contact in het systeem kan opnemen. Bij seriële systemen is hiervoor meer ingrijpen in de bestaande bedrading vereist. De parallelle systemen hebben echter als groot nadeel dat zij zeer sabotagegevoelig zijn. Het volstaat immers ergens de kabel door te knippen en een deel van het systeem is buiten gebruik. Bij een seriële lus zal het doorknippen van de kabel onmiddellijk het activeren van het alarm tot gevolg hebben.

**Vierdraadstechniek**
Om dat nadeel van parallelle systemen te omzeilen werkt men meestal met de vierdraadstechniek.
Dit systeem wordt verklaard aan de hand van figuur 3/8.10.13-26. Zo'n systeem heeft een parallelle lus voor de alarmschakelaars en een serielus die niet met schakelaars verbonden is. Dat is dus een loze lus. De parallelle lus wordt aangesloten op de ingangen van de NO-lus van de centrale, de seriële lus op de ingangen voor de NC-lus. Als men nu ergens de kabel doorknipt, zal de NC-lus onderbroken worden en gaat het alarm af. Probeert men het systeem te saboteren door alle aders van de kabel kort te sluiten, dan wordt de NO-lus gesloten en ook dan wordt het alarm geactiveerd.

**Spanningsgevoelige NC-lussen**
Sommige alarmcentrales hebben een spanningsgevoelige NC-lus.
Het principe hiervan is geschetst in figuur 3/8.10.13-27. De NC-lus bestaat nu niet alleen uit de alarmcontacten, maar ook uit weerstanden.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.13-27:** Het principe van de spanningsgevoelige NC-lus.

Bij ieder contact wordt een weerstand in serie geschakeld. Het geheel wordt via een voorschakelweerstand in de centrale gevoed uit de +12 V spanning.
Als alle schakelaars gesloten zijn wordt er een spanningsdeler gevormd tussen de voeding en de massa. Op de uitgang staat dus een bepaalde gelijkspanning. Als er iets met het systeem gebeurt zal de spanning op de uitgang in ieder geval veranderen. De centrale detecteert deze spanningsverandering en activeert het alarm. Een dergelijke lus is nauwelijks te saboteren, omdat men op de hoogte moet zijn van de weerstandsverdeling die in de lus is opgenomen.

# 3/8.10.14

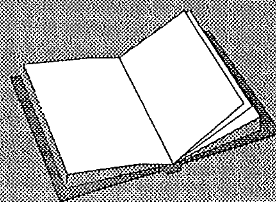
# Beveiligen van schakelingen tegen bliksem

## De theorie

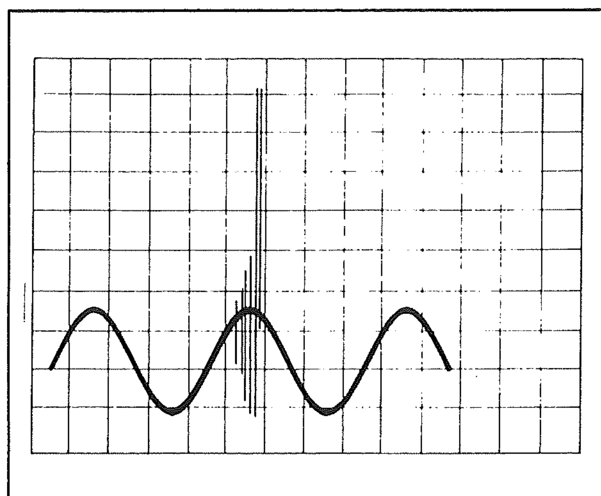
**Inleiding**
Het is weliswaar geen dagelijks nieuws in de kranten, maar af en toe verschijnt er toch een sappig artikeltje in een locale krant, waarin gemeld wordt dat in een buurt tientallen TV's beschadigd werden als gevolg van blikseminslag.
Waarheid of verzinsel?
Het kan inderdaad gebeuren dat, als gevolg van blikseminslagen op of in de buurt van ondergrondse netspanningsleidingen, er op de netspanning vrij grote spanningspieken ontstaan. Hoewel deze pieken zeer smal zijn, zie figuur 3/8.10.14-1, kunnen zij soms schade aan gevoelige apparatuur veroorzaken. De amplitude van een dergelijke piek kan zelfs zo groot zijn, dat de contacten van *open* netschakelaars door een vonk overbrugd worden en het schijnbaar onmogelijke gebeurt. Een computer, die was uitgeschakeld, blijkt het na de blikseminslag niet meer te doen!
Ondanks waarschuwingen die af en toe in de kranten verschijnen en die duidelijk stellen dat de enige manier om schade door bliksem te vermijden is *de netstekers* van apparatuur uit de wandcontactdozen te trekken, zullen maar weinig mensen dit doen. Dat is immers zo'n gedoe en in onze moderne tijd staat het zelfs een beetje achterlijk om "bang te zijn voor de bliksem".

**Een dure oplossing**
In iedere computer-shop verkoopt men tegenwoordig zogenoemde "Powerguard's", zie figuur 3/8.10.14-2, die gevoelige en/of dure apparatuur tegen dit soort rampen moet beschermen. Dat zijn in feite niets meer dan ordinaire meervoudige stopcontacten, waarin een of ander filtertje zit.
De prijs van dergelijke onderdelen is absurd: Voor een "Powerguard" met zes stopcontacten wordt bijna *f* 200,00 gevraagd, terwijl dergelijke onderdelen zonder filter in iedere doe-het-zelf supermarkt voor nog twee tientjes de toonbank overgaan. Wie nu denkt dat men voor dat geld een heleboel extra elektronica thuis krijgt zou verbaasd zijn als men de inhoud van een dergelijke "Powerguard" zou aan-

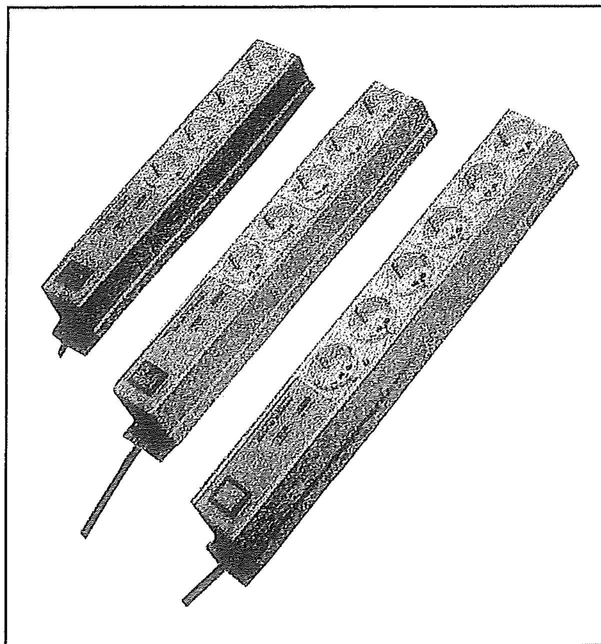
LEES OOK:
Hoofdstuk 3/3.4
Hoofdstuk 3/3.33



schouwen. Meer dan een paar condensatoren en spoeltjes zit er niet in!



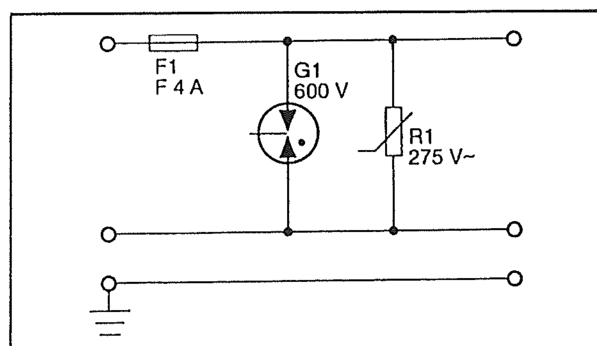
Figuur 3/8.10.14-1: Smalle, grote pieken op de netspanning als gevolg van bliksemontladingen.



Figuur 3/8.10.14-2: Drie "Powerguard's", die gevoelige apparatuur moet beschermen tegen pieken op de netspanning.

## Een goedkope oplossing

In principe is het erg eenvoudig om de netspanningsingang van een apparaat afdoende te beschermen tegen pieken op de netspanning. De eenvoudigste uitvoering van een dergelijke beveiliging is getekend in figuur 3/8.10.14-3. Hart van de schakeling is het onderdeel G1. Dat is een zogenoemde "edelgas gevulde overspannings-afleider". Dit is een met een speciaal gas gevuld buisje met twee elektroden. Het soort gas en de gasdruk zijn zo gekozen, dat het buisje gaat geleiden als de spanning over de twee elektroden een bepaalde waarde bereikt. De inwendige weerstand, die onder normale condities zo goed als oneindig is, wordt dan opeens zo laag, dat het buisje in staat is piekstromen van 5.000 A te verwerken! Natuurlijk kan die stroom maar een zeer korte tijd vloeien, maar omdat de piekspanningen op de netspanning ook zeer smal zijn wordt vanzelf aan deze voorwaarde voldaan.




Figuur 3/8.10.14-3: De eenvoudigste uitvoering van een bliksembeveiligingsfilter.

Als tweede beveiliging staat een varistor of VDR R1 over de netlijn geschakeld. Ook dit is een onderdeel waarvan de inwendige weerstand afhankelijk is van de spanning over het onderdeel. De weerstand is

zeer hoog tot een spanning van ongeveer 275 V. Wordt de spanning groter, dan gaat de inwendige weerstand sterk dalen. Hoewel de aanspreektijd van een varistor kleiner is dan 25 ns en ook dit onderdeel in staat is piekstromen tot 2.000 A te verwerken, mag men nooit ofte nimmer alleen vertrouwen op een varistor. Het is de parallel-schakeling van een varistor en de edelgas gevulde overspanningsbeveiliging die de schakeling werkzaam maakt!
Het zal duidelijk zijn dat een dergelijke schakeling alleen kan werken als er in de toevoerleiding van de netspanning impedantie aanwezig is. Het is namelijk over deze impedantie, dat de spanningsval moet ontstaan die het gevolg is van de grote stromen die door de varistor en het buisje getrokken worden. Die spanningsval moet zo groot kunnen zijn, dat de spanningspieken die via het net binnenkomen volledig worden opgesoupeerd en er aan de uitgang van het filter alleen de normale 230 V overblijft.
Onder normale omstandigheden heeft een toevoerleiding een weerstand van minstens een paar tientallen mΩ's en een bepaalde inductantie. Deze inductantie (spoel) is van groot belang, want de zeer smalle spanningspulsen bevatten veel hoge harmonischen en deze hoogfrequente spanningen zullen over de inductantie van de aanvoerleiding grote spanningsvallen genereren.
Voor de veiligheid moet in het netspanningsfilter vóór de parallel-schakeling van G1 en R1 een zekering worden opgenomen. In het voorbeeld is een zekering van 4 A ingetekend, dit is een waarde die in de meeste gevallen goed zal zijn. Deze zekering is noodzakelijk omdat zowel G1 als R1 het niet erg lang volhouden om overspanningen af te leiden. De inwendige weerstanden van deze onderdelen zijn natuurlijk niet nul en na enige tijd wordt de interne warmte-ontwikkeling te groot. Als de stroom die door de beveiliging loopt groter is dan 40 A zal de zekering na ongeveer 20 ms doorsmelten, met als gevolg dat de VDR en het buisje tegen vernieling beschermd worden.
De aardingsdraad wordt niet door de schakeling beïnvloed.

**Uitgebreidere schakeling**
In figuur 3/8.10.14-4 is een uitgebreidere schakeling getekend, die een aantal voordelen heeft. De impedantie van de netleiding wordt kunstmatig verhoogd door het aanbrengen van de onderstaande componenten:

- Weerstanden R2 en R3:
  Deze weerstanden van 0,1 Ω vergroten de gelijkstroomweerstand van de netspanningsaanvoer, waardoor de twee overspanningsafleiders G1 en R1 hun werk beter kunnen verrichten. De waarde van de weerstanden is zo klein, dat de normale belasting nauwelijks invloed heeft. Per afgenomen Ampère valt er immers een spanning van maar 0,2 V over de twee weerstanden. Ook het vermogen van de weerstanden is niet kritisch.
  Dergelijke lage waarden worden alleen als draadgewonden uitvoering verkocht en een vermogen van 1 W is voor de meeste praktische toepassingen meer dan genoeg.
- Spoelen L1 en L2:
  Deze spoelen vergroten de inductantie van de netspanningsaanvoer, hetgeen zeer belangrijk is voor het goed onderdrukken van snelle spanningsimpulsen. De spoeltjes moeten natuurlijk wel in staat zijn de normale belastingsstroom, die via de schakeling opgenomen wordt, te verdragen.

– Condensator C1:
  Deze condensator vormt met de twee spoelen een effectief laagdoorlaat filter waardoor de snelle stoorimpulsen, die via de netspanning binnenkomen, al wat worden afgevlakt. Hierdoor moeten G1 en R1 minder vaak in actie komen, hetgeen de levensduur van deze componenten verlengd.

**Testen van de schakeling**

Het is aan te bevelen de goede werking van de overspanningsbeveiliging af en toe te testen. Dat is echter gemakkelijker gezegd dan gedaan, want waar haalt men een spanning van meer dan 600 V vandaan?

De schakeling die in figuur 3/8.10.14-5 getekend is biedt uitkomst. Dat is een traditionele gelijkrichter/spanningsverdubbelaar. De netspanning van 230 V wordt twee keer gelijkgericht. De positieve halve sinussen van het net laten de bovenste diode geleiden, waardoor de bovenste condensator tot ongeveer 350 V wordt opgeladen. De negatieve halve sinussen van de netspanning sturen de onderste diode in geleiding, waardoor de onderste condensator tot dezelfde spanning wordt opgeladen. Beide condensatoren staan in serie geschakeld, zodat over beide onderdelen een spanning van ongeveer 700 V ontstaat.

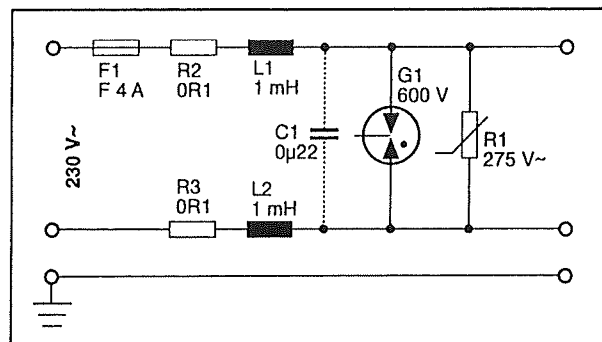
**Belangrijke opmerking**

Het zal duidelijk zijn dat in deze schakeling zeer gevaarlijke spanningen worden gegenereerd.

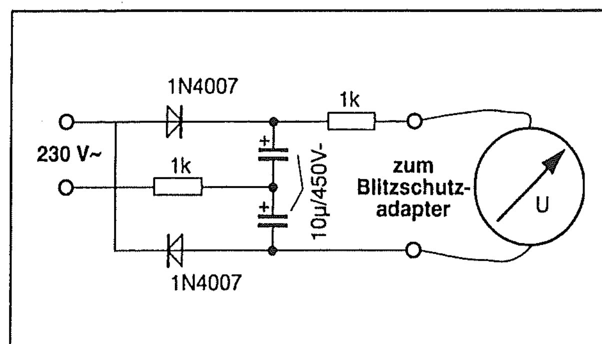
Men moet dan ook absolute voorzichtigheid in acht nemen bij het gebruiken van deze spanningsverdubbelaar. Denk ook aan de doorslagspanning van de twee condensatoren: deze moet minstens 450 bedragen!

**De test**

De test start met het verbinden van de spanningsverdubbelaar met het net. De universeelmeter over de twee condensatoren zal een spanning van ongeveer 775 V aanwijzen. Men verwijdert nu de netspanning en verbindt de twee ingangen van de bliksembeveiliging met de uitgangen van de schakeling. De spanning over de twee condensatoren moet nu onmiddellijk terugvallen naar 450 V. Is dit niet het geval, dat is de bliksembeveiliging defect en moet men de onderdelen G1 en R1 vervangen.




**Figuur 3/8.10.14-4:** Een verbeterde schakeling, die meer componenten bevat.




**Figuur 3/8.10.14-5:** Een hulpschakeling voor het genereren van een ongeveer 700 V hoge testspanning.

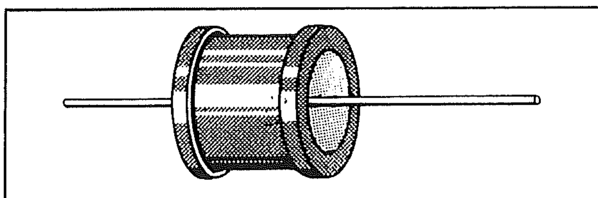
# De praktijk

## Inleiding

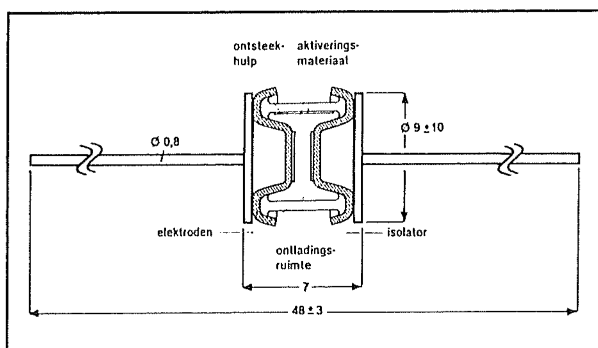
Bliksembeveiligingen bevatten in ieder geval twee essentiële componenten: de edelgas gevulde overspaningsbeveiliging G1 en een VDR R1. In het slot van dit hoofdstuk zullen deze twee onderdelen wat nader bekeken worden.

## Edelgas gevulde overspanningsbeveiligingen

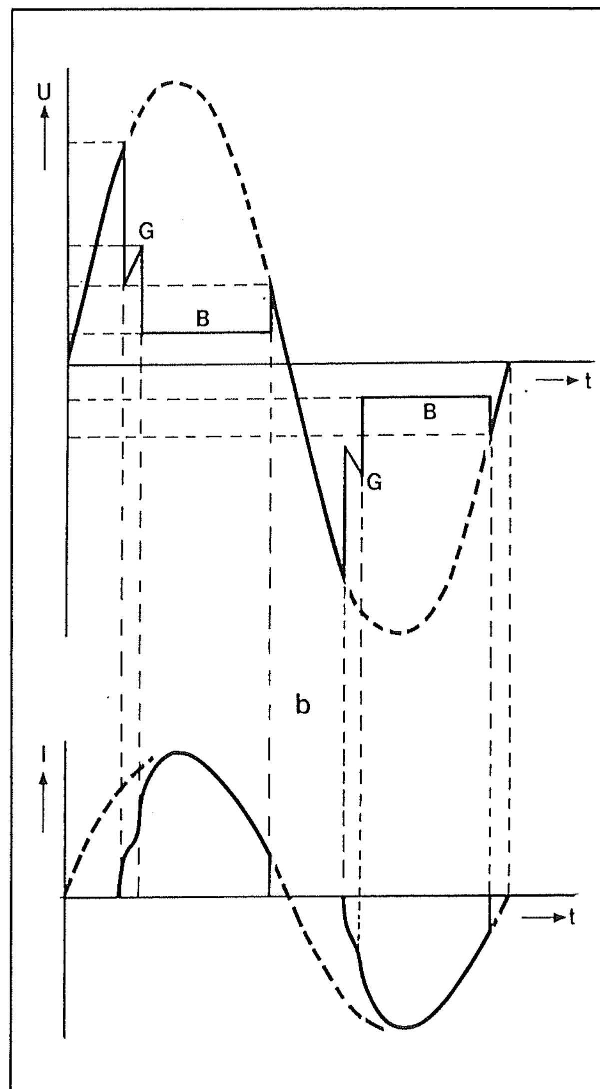
Deze onderdelen zijn alles behalve nieuw en werden reeds in de begintijd van de radio gebruikt om de antenne-leidingen tegen de gevolgen van blikseminslag te beschermen. Het uiterlijk van dergelijke onderdelen is voorgesteld in figuur 3/8.10.14-6, terwijl figuur 3/8.10.14-7 een doorsnedetekening geeft.



**Figuur 3/8.10.14-6:** Het uiterlijk van een edelgas gevulde overspanningsbeveiliging.




**Figuur 3/8.10.14-7:** De doorsnede door een edelgas gevulde overspannings-beveiliging.




**Figuur 3/8.10.14-8:** De spanning over en de stroom door een edelgas gevulde overspanningsbeveiliging.

Het buisje is hermetisch gesloten, omdat de elektrische eigenschappen sterk afhankelijk zijn van omgevingsparameters zoals gassoort, gasdruk, vochtigheid en vervuiling. De beide elektroden zijn voorzien van een materiaal dat de emissie van elektronen vergemakkelijkt. Om de reactiesnelheid van de buis te vergroten, kan een ontsteekhulp aan de binnenzijde van de

isolator worden aangebracht. De elektrische eigenschappen van de gasgevulde overspanningsafleider worden voornamelijk bepaald door de gassoort, de gasdruk en het activeringsmateriaal.

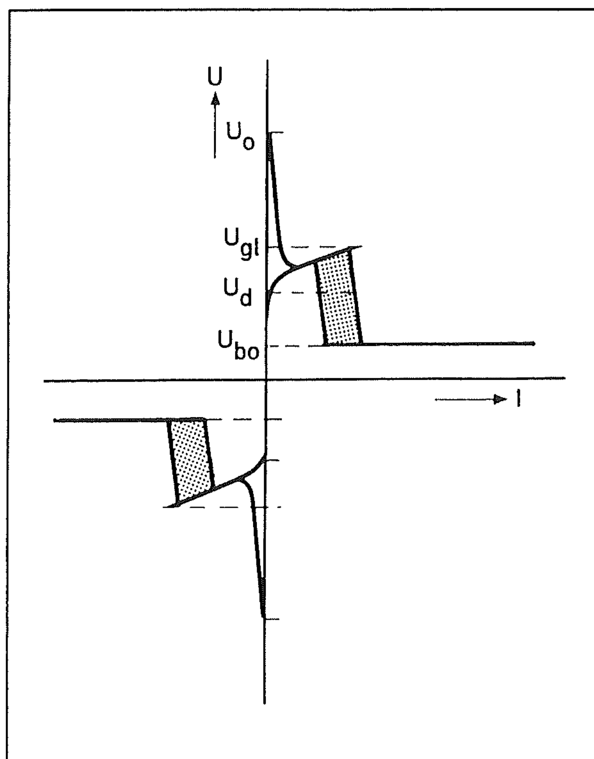
**Karakteristieken**

Het onderdeel maakt gebruik van de eigenschappen van een gasontlading. In figuur 3/8.10.14-8 is aan de hand van een sinus het gedrag van een edelgas gevulde overspanningsbeveiliging weergegeven. In de bovenste grafiek is de spanning over het onderdeel getekend, in de onderste de stroom door het buisje. Is de spanning gestegen tot de onsteekspanning Uo, dan ontstaat er een glimontlading die de spanning tot ongeveer 70 V laat dalen (punt G). De stroom bedraagt 0,1 tot 1,5 A. Neemt de stroom daarna verder toe, dan ontstaat er een vlamboogontlading die de spanning verder laat dalen tot ongeveer 15 V (punt B).

Bij het dalen van de stroom zal de vlamboog bij 10 tot 100 mA doven. Via een korte glimfase komt de buis weer in de ruststand terug.

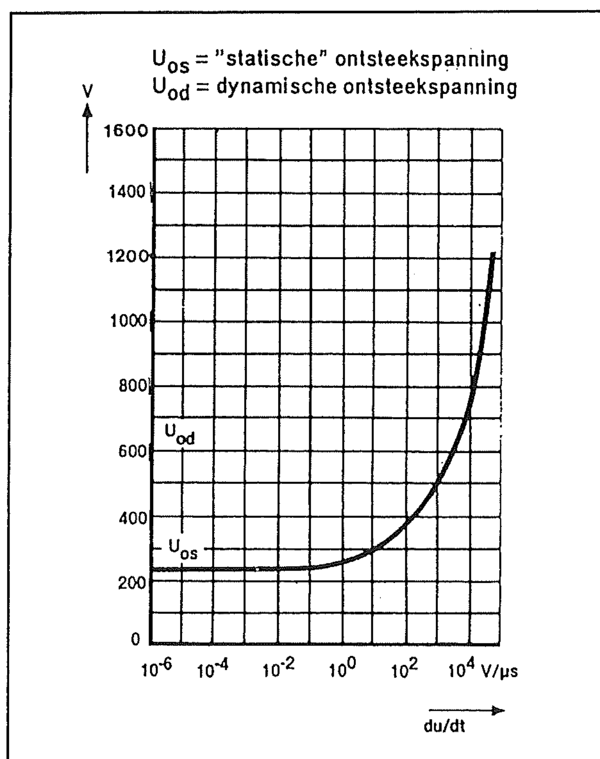
Uit het verloop van de spanning en de stroom kan men de U/I-karakteristiek afleiden, getekend in figuur 3/8.10.14-9. Hier is duidelijk te zien dat de spanning over het buisje sterk afneemt als de buis ontsteekt, dit in tegenstelling tot de varistor die de spanning min of meer constant houdt.

Uit figuur 3/8.10.14-10 volgt dat de doorslagspanning van een dergelijk onderdeel in sterke mate afhankelijk is van de stijgtijd van de stoorspanning. Voor heel snelle pulsen, waarbij dus het product du/dt groot is, neemt de ontsteekspanning sterk toe. Dit wordt veroorzaakt door de tijd die nodig is om het gas in het buisje te ioniseren.




**Figuur 3/8.10.14-9:** De stroom/spanning-karakteristiek van een edelgas gevulde overspanningsbeveiliging.

Het buisje dooft pas als de spanning beneden de doofspannning komt. Bij wisselspanningen is dit geen probleem, maar bij gelijkspanningen die hoger zijn dan de doofspanning kan dit uiteraard problemen opleveren. Als de inwendige weerstand van de spanningsbron zo groot is dat de spanning bij de optredende stromen tot onder de doofspanning daalt, is er niets aan de hand. Is de spanningsbron echter zo laagohmig dat de overspanningsbeveiliging niet dooft, dan ontstaan er problemen. Door het in het buisje gegenereerde vermogen zou het gas verwarmen en de gasdruk zo hoog worden dat het buisje letterlijk explodeert! Vandaar dat het absoluut noodzakelijk is steeds een zekering in de schakeling op te nemen.




**Figuur 3/8.10.14-10:** Het verloop van de ontsteekspanning in functie van de stijgtijd.

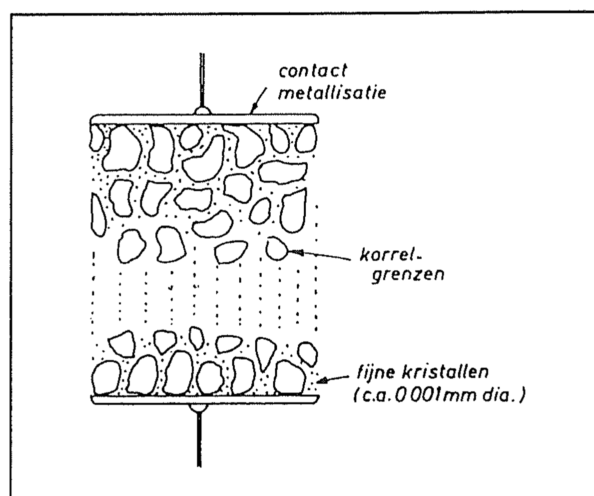
## De UC90

Een bekende edelgas gevulde overspanningsbeveiliging is de UC90.
Dit onderdeel heeft de volgende specificaties:

- aanspreekspanning bij 100 V/µs: 450 V
- aanspreekspanning bij 1.000 V/µs: 600 V
- aanspreekspanning bij 10.000 V/µs: 900 V
- aanspreektijd: 700 ns
- maximale piekstroom: 40 kA
- isolatieweerstand: $>10^{10}$ Ω
- lichtboog spanning: 10 V tot 25 V
- lichtboog weerstand: <0,1 Ω
- capaciteit: 1 pF tot 3 pF

## De varistor

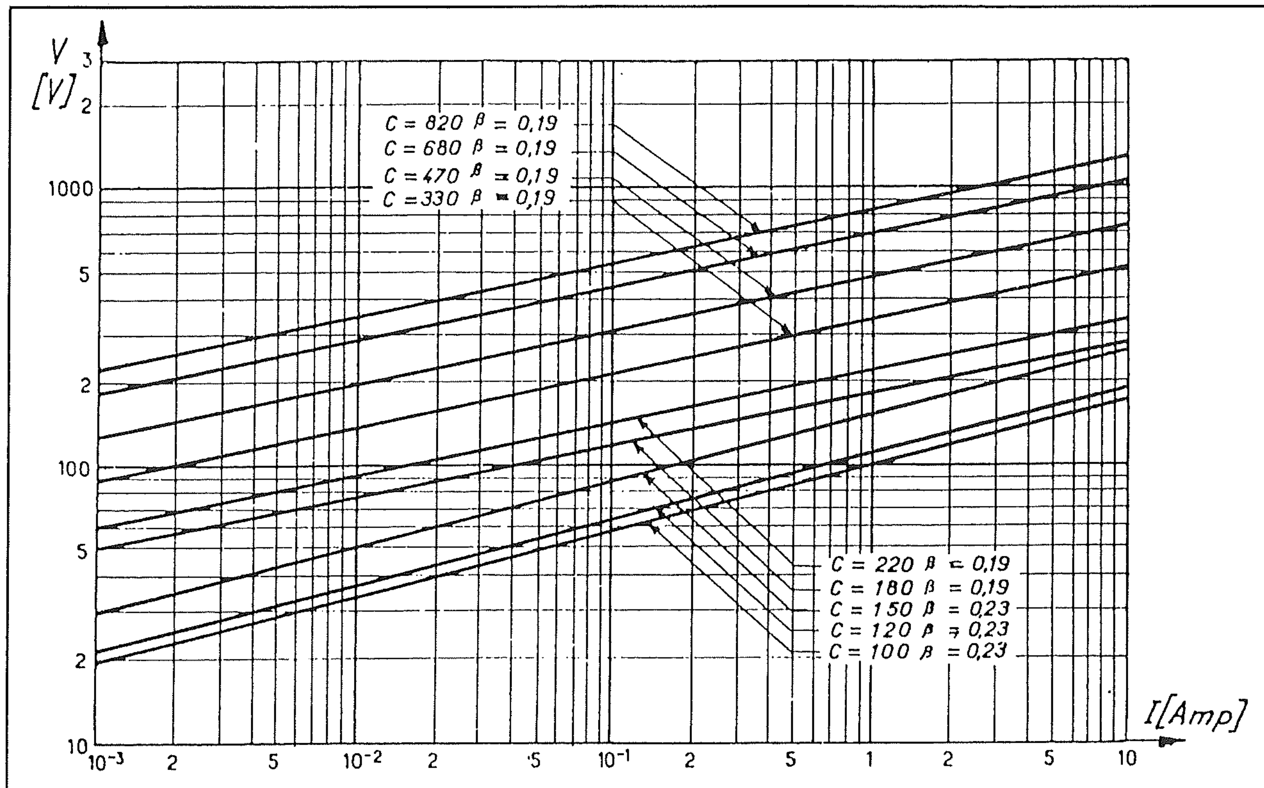
VDR's, ook wel varistoren genoemd, worden gemaakt met een metaaloxyde poeder als basis. Kandidaten zijn zinkoxyde, titaanoxyde of siliciumcarbide. Dit poeder wordt gesinterd en geperst tussen twee elektroden.




**Figuur 3/8.10.14-11:** De samenstelling van een VDR.

De doorsnede van een VDR is getekend in figuur 3/8.10.14-11.
Het niet lineaire verband tussen stroom en spanning kan als volgt verklaard worden. De soortelijke weerstand van het oxyde is zeer laag. Tussen de grenzen van de korrels zit echter het bindmiddel en dit heeft een grote soortelijke weerstand. De doorslagspanning tussen twee korrels is echter vrij laag, namelijk ongeveer 3 V. Als de spanning over de VDR stijgt zullen steeds meer korrelgrenzen doorslaan. Een doorgeslagen grens betekent echter een plaatselijke verlaging van de soortelijke weerstand van het materiaal. Daardoor gaat de weerstand van de VDR dalen.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.14-12:** De spanning/stroom-karakteristiek van een VDR.

Het verband tussen de stroom door en de spanning over een VDR is getekend in figuur 3/8.10.14-12. Let op de twee logaritmisch ingedeelde assen! Deze karakteristiek wordt geregeerd door de formule:

$U = C \cdot I^{\beta}$

waarin:

- U de spanning is over de VDR;
- I de stroom is door de VDR;
- C de spanning over de VDR is als er een stroom van 1 A doorheen loopt, dit noemt men de genormaliseerde spanning;
- β een materiaalconstante is.

# 3/8.10.15

# Domotech, volledige huisautomatisering met RS-485

## Domotica

### Inleiding

"Domotica" is in Nederland nog niet zo'n bekend begrip. Wie op www.zoekelektronica.nl onder dit begrip zoekt, vindt voornamelijk Belgische bedrijven. Het zal dan ook geen verbazing wekken dat het in dit hoofdstuk beschreven systeem voor huisautomatisering uit België afkomstig is. Inderdaad, domotica is de techniek die zich bezig houdt met het automatiseren van huis en kantoor. Een techniek die er voor zorgt dat 's avonds automatisch de rolluiken dicht gaan en 's morgens een geurig kopje koffie op de half slapende bewoner staat te wachten. Een techniek die de afwezige bewoner via de telefoon waarschuwt als er een alarm afgaat en die via dezelfde telefoon de thermostaat tien graden hoger zet als de zich naar huis spoedende bewoner op een afstand van 50 km van huis en haard zit.

Domotica is een voorspelde groeimarkt en de grote elektronica-concerns zijn dan ook in een concurrentieslag gewikkeld die voornamelijk gaat over HET systeem. Het zal immers duidelijk zijn dat een absolute voorwaarde voor de doorbraak van een dergelijke technologie naar de grote consumentenmarkt is dat er een bepaalde mate van internationale ondersteuning en standaardisatie in technologie en protocollen wordt afgesproken. Op dit moment wil dat helaas nog niet zo lukken!

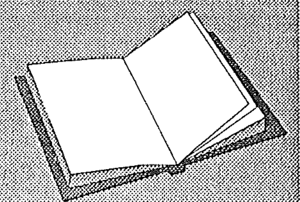
### Domotech

Elektronica hobbyisten kunnen natuurlijk aan de slag met niet gestandaardiseerde systemen en behoeven niet zo nodig ondersteuning van Sony of Philips. Het zal dan ook duidelijk zijn dat domotica op dit moment het terrein is van kleine bedrijven, die een of ander niet gestandaardiseerd systeem hebben ontwikkeld waarmee men huis en kantoor zélf kan automatiseren. Een van deze systemen is Domotech, ontwikkeld door het Belgische bedrijf CEMAX uit Kortrijk.

### Algemene beschrijving

Domotech is een stand-alone intelligent domotica-systeem dat met behulp van een centrale eenheid alle elektrische functies in een gebouw optimaal kan beheren. Bepaalde handelingen kunnen dus geauto-

**LEES OOK:**
Hoofdstuk 3/8.10.11



matiseerd worden of geactiveerd met een simpele toetsdruk of door een externe grootheid, bijvoorbeeld de lichtintensiteit in een kamer. Een voordeel van een dergelijk systeem is besparing, want apparaten kunnen automatisch uitgeschakeld worden op ingestelde tijdstippen of ingeschakeld worden tijdens bijvoorbeeld de laag tarief periodes. Het systeem bestaat uit een centrale eenheid en een aantal speciale modules. Ook de klassieke componenten, zoals bijvoorbeeld standaardschakelaars, kunnen zonder problemen geïntegreerd worden in het systeem. Het systeem werkt volledig autonoom en kan op een heel eenvoudige (grafische) manier door de gebruiker ingesteld worden. Het softwarepakket "WinDomo", gebruikt om het systeem te configureren, wordt gratis ter beschikking gesteld, net zoals toekomstige upgrades. Interessant is dat het niet noodzakelijk is dat de computer steeds op het systeem is aangesloten. De PC moet eenmalig via een seriële poort aangesloten worden om de gewenste parameters en acties in het geheugen van de centrale bedieningseenheid in te voeren. Nadien kan de PC losgekoppeld worden.

### Wat kan het systeem?

In principe kan Domotech alles automatiseren, zolang er maar een fysische verbinding is met het systeem. Hieronder wordt een aantal sprekende voorbeelden genoemd:

- automatisering van algemene verwarming en airconditioning;
- in- en uitschakelen van elektrische apparaten;
- uitgebreide verlichtingsmogelijkheden;
- testen op ingelezen grootheden (temperatur, licht, etc.) en als gevolg daarvan acties naar keuze uitvoeren;
- acties op een vast of variabel tijdstip van de week uitvoeren;
- audio en video op meerdere plaatsen tegelijkertijd (home-theater);
- genereren en evalueren van alarmsignalen;
- bediening van de inbraakcentrale;
- telefonische acties;
- infrarood bedieningen;
- uitvoeren van zogenoemde "scenario's", die bestaan uit meerdere acties die in het systeem ingeprogrammeerd kunnen worden.

Bovendien kan al het voorgaande eenvoudig met elkaar gecombineerd worden zodat alles één logisch geheel vormt.

### Geen grenzen aan de inventiviteit

Wie genoeg geld heeft, kan werkelijk ieder apparaat in huis of kantoor dat elektrisch werkt op het systeem aansluiten. Dat het systeem grenzeloos is bewijst het tabelletje van figuur 3/8.10.15-1, waarin wordt vermeld wat de twee leverbare centrale eenheden aankunnen. Indrukwekkend! De leverancier noemt zijn systeem "Het beste wat domotica vandaag te bieden heeft" en dat is niet overdreven!

## Systeembeschrijving

### Opbouw

De centrale eenheid, ook de "master" genoemd, is het hart van het gehele systeem en heeft bijgevolg een controlerende functie.

Deze centrale eenheid bevat een LCD-scherm waarvan men allerlei informatie kan aflezen en een toetsenbordje om de centrale te bedienen.

Hoe zo'n centrale eenheid er uit ziet volgt uit figuur 3/8.10.15-2.

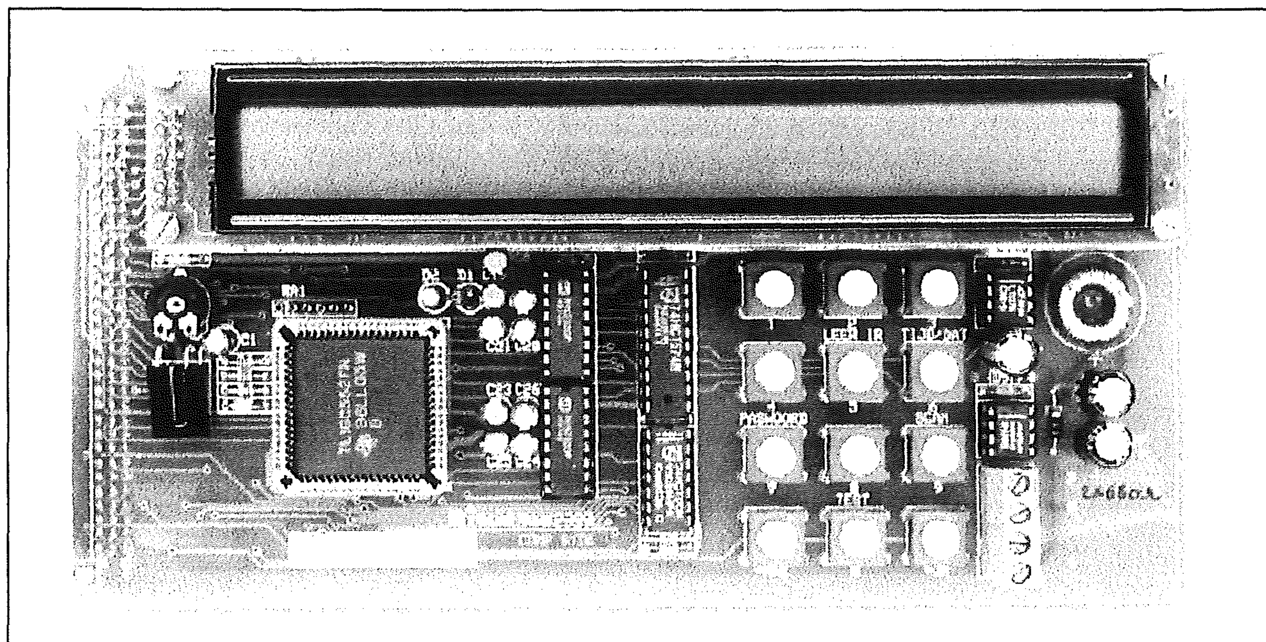
| APPARATUUR | BASISVERSIE | GROTE VERSIE |
|---|---|---|
| Modules | 126 | 126 |
| Timers | 750 | 3000 |
| Scenario's | 100 | 400 |
| Thermostaten (ruimtes) | 25 | 60 |
| Technische alarms | 40 | 80 |
| Lampen & dimmerkanalen | 400 | 1200 |
| Stopcontacten | 150 | 600 |
| Rolluiken & gordijnen | 25 | 100 |
| IR ontvangers | 30 | 50 |
| Instructies | 700 | 4500 |
| Logische functies | 40 | 1,50 |
| Systeemvariabelen | 32 | 32 |
| LCD panelen | 10 | 40 |
| Telefooninstructies | 50 | 50 |
| Audiobronnen | 8 | 8 |
| Audiozones | 15 | 15 |

**Figuur 3/8.10.15-1:** Een overzicht van de mogelijkheden van het Domotech-systeem.

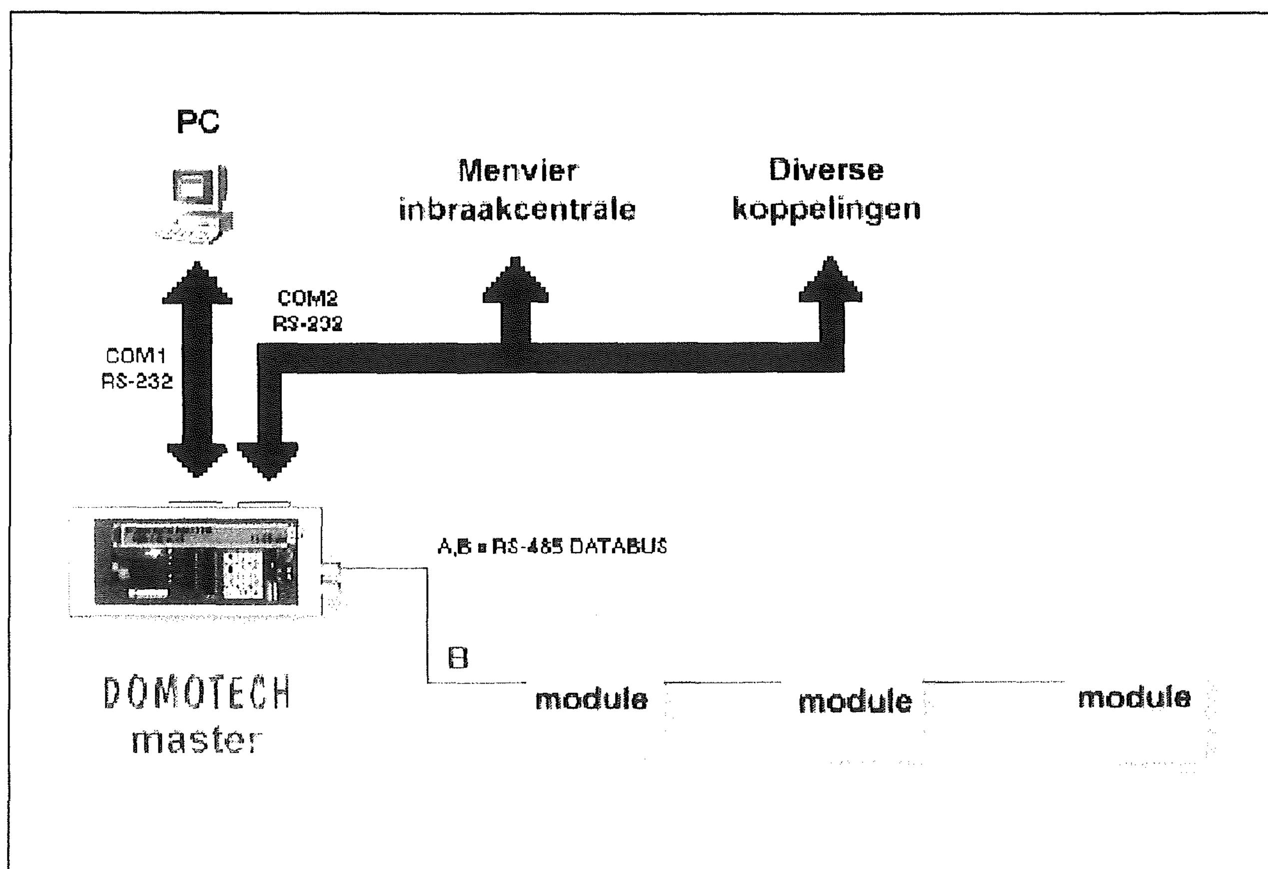
Interessant zijn ook kleine afmetingen: de complete eenheid past in een inbouwdoos van slechts 24x12x10 $cm^3$! De master wordt steeds als vertrekpunt genomen, van waaruit de data- en de voedingskabel vertrekken. De master wordt gevoed met 24 V gelijkspanning. Op het LCD-scherm wordt steeds de versie en de tijd weergegeven. Datum en tijd zijn instelbaar op de master, maar ook via de PC in te programmeren.
Er is een basis versie en een grote versie beschikbaar. De basisversie volstaat normaal gezien bij de meeste gebouwen maar grotere projecten eisen soms meer mogelijkheden.

**De Domotech bus**
De toegepaste bus is een standaard RS-485 bus. Dit protocol is als internationale standaard goedgekeurd door de "Electronics Industries Association" onder revisie TIA/EIA-485-A. Het protocol laat verbindingen toe over een lengte van 1,2 km, zodat er wat dit punt betreft geen problemen te verwachten zijn.

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper

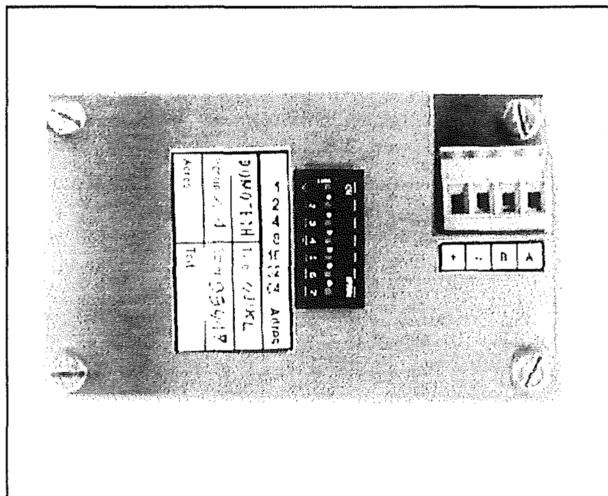


**Figuur 3/8.10.15-2:** Een van de “masters” van het Domotech-systeem.




**Figuur 3/8.10.15-3:** De opbouw van het Domotech-systeem.

Vanuit de master vertrekt de domoticabus naar alle Domotech modules doorheen het gebouw. Deze bus is uitgevoerd als vieraderige kabel waarvan twee aders de laagspanning (24 $V_{DC}$) om de modules te voeden verspreiden en de twee overige aders als databus (0 V tot 5,25 V) dienst doen. De databus bestaat dus uit slechts twee draden, A en B, en moet uitgevoerd worden als unshielded twisted-pair kabel van het type UTP Level 5. Als kleur wordt meestal blauw genomen voor lijn B en wit voor lijn A.
Een eenvoudig Domotech-systeem zou er uit kunnen zien zoals getekend in figuur 3/8.10.15-3.
De standaard schrijft voor dat begin en einde van de bus moet worden afgesloten met een eindelus weerstand van 100 Ω. De bus is serieel, er mogen in principe geen aftakkingen voorkomen. Er kunnen maximaal 128 modules op de bus worden aangesloten.



**Figuur 3/8.10.15-4:** Het adresseren van de modules.

### Adresseren van het systeem

De modules hebben ieder een eigen uniek adres. Dit adres wordt op de modules ingesteld onder de vorm van een binaire code. Op de achterkant van de modules is hiervoor een DIL-schakelaar aanwezig, zie figuur 3/8.10.15-4.
Op deze foto zijn ook duidelijk de vier aansluitingen voor de voeding, de massa en de twee data-aders te zien.

## De uitgangsmodules

### Inleiding

Het systeem stuurt uitgangen (lampen, stopcontacten, rolluiken, thermostaten, etc.) ofwel via teleruptoren en relais ofwel via Lightec dimmermodules. Er staan drie uitgangsmodules ter beschikking.

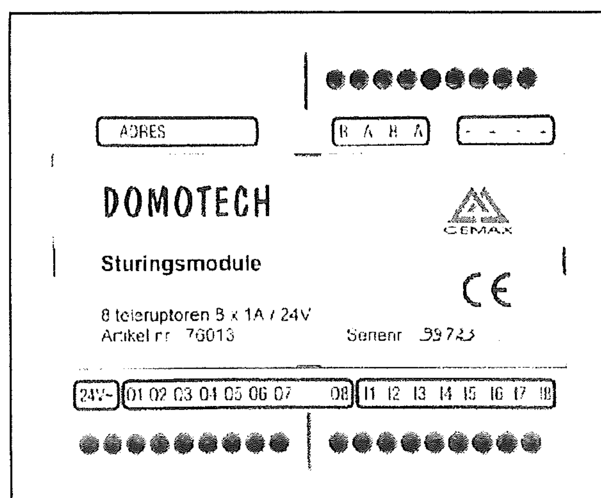
### Uitgangsmodule voor acht teleruptoren

Deze uitgangsmodule voor schakelende aan/uit-kringen stuurt acht teleruptoren met terugmelding. Het systeem weet dus steeds perfect in welke stand een bepaalde teleruptor staat! Het werken met teleruptoren heeft het voordeel dat de gebruiker ten allen tijde de verbruikers met de hand kan schakelen. Een tweede voordeel is dat het laagspannings Domotech systeem volledig gescheiden is van de vermogenskringen!
Enkele voorbeelden van verbruikers die op een dergelijk module worden aangesloten:

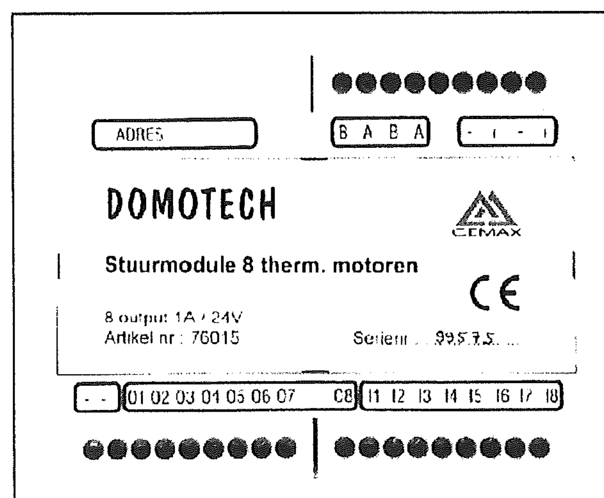
- lampen;
- stopcontacten;
- rolluiken en gordijnen;
- thermostaten.

Sommige apparaten, zoals bijvoorbeeld een rolluikbediening, moeten gestuurd worden met twee kanalen, één voor omhoog en één voor omlaag. Het schakelvermogen is afhankelijk van de gebruikte teleruptoren, doch is typisch 16 A.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.15-5:** Het "Teleruptor"-uitgangsmodule.




**Figuur 3/8.10.15-6:** De uitgangsmodule voor acht relais.

In tegenstelling tot de andere modules vereist deze module, naast de standaard voeding van 24 V, een bijkomende wisselspanning van 24 V.

### Uitgangsmodule voor acht relais

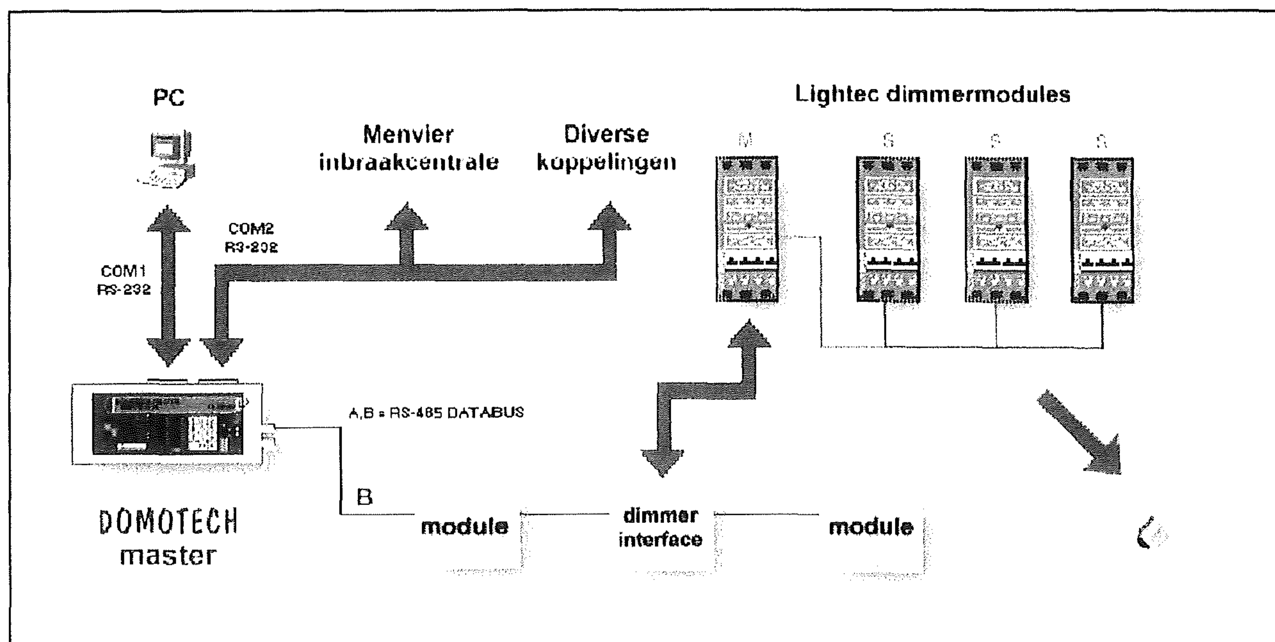
Deze uitgangsmodule voor schakelende aan/uit-kringen stuurt acht relais met terugmelding. De terugmeldingen controleren de goede werking van de relais. De werking en lay-out van deze module zijn analoog aan de uitgangsmodule voor acht teleruptoren, behalve dan dat er hier relais gestuurd worden in plaats van teleruptoren. De module kan uitgangen schakelen van maximaal 30 $V_{DC}$ bij 500 mA. De relais kunnen gebruikt worden voor laagspanningssturingen zoals radiatorkramen, indicatielampjes, etc. Een praktische en veel gebruikte toepassing hiervan is het aansturen van de pompmotoren van verwarmingsketels. Uiteraard worden de relais met gelijkspanning gevoed, zodat dit module géén wisselspanning van 24 V nodig heeft.

### Dimmerinterface

Deze module maakt een RS-485 verbinding met Lightec StudioPack SP-4 dimmers van Light Technology. Een Lightec dimmer bestaat steeds uit één masterdimmer, eventueel aangevuld met slavedimmers. De masterdimmer kan vier kanalen aansturen via een gelijkspanning tussen 0 V en +10 V met een vermogen van 2,5 kW. De dimmerinterface naar de SP-4 toe kan maximaal 16 kanalen besturen, wat neerkomt op 1 master en 3 slaves.

In figuur 3/8.10-15-7 is getekend hoe deze dimmers in het Domotech-systeem opgenomen worden. Voor het dimmen kan er gekozen worden tussen een standaardschema en 4 vooraf ingestelde schema's. Zo'n schema bepaalt de omzetting tussen de besturing van het Domotech-systeem en het feitelijke dimmerpercentage. Afhankelijk van het type lamp, verloopt de helderheid ervan niet-lineair tussen 0 % en 100 %. De standaardinstelling is goed voor de meeste lampen maar bij sommige lampen kan men kiezen voor een ander schema. De werking kan als volgt omschreven worden. De master van het systeem geeft aan de dimmerinterface de opdracht lichten te dimmen.

8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper




**Figuur 3/8.10.15-7:** Het opnemen van Lightec dimmermodules in het systeem via de dimmer-interface.

Deze interface zal op zijn beurt de master ontlasten en neemt de verdere communicatie met de Lightec dimmers over.

# De ingangen

## Inleiding

De bediening van het Domotech-systeem gebeurt door de manipulatie van een ingang, voorgesteld door intelligente druktoetsmodules, klassieke drukknoppen, continue ingangen, infrarood afstandsbediening, automatische timers, telefonische bediening, temperatuurmetingen of via LCD-panelen. De druktoetsmodules zijn intelligente systemen met een eigen microcontroller. De modules passen in standaard inbouwkaders. Er zijn diverse typen druktoetsmodules beschikbaar:

- vier druktoetsen met vier indicatie-LED's;
- zes druktoetsen met ingebouwde temperatuursensor;
- zes druktoetsen met ingebouwde infrarood ontvanger;
- acht druktoetsen.

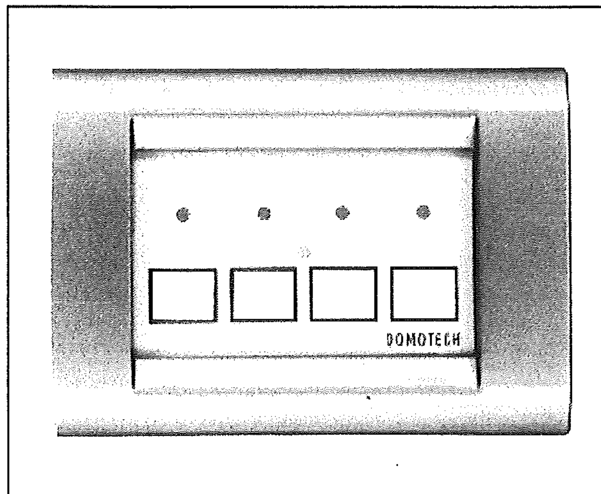
De bovenzijde van deze modules bevat een membraan, waaronder vrije teksten kunnen geschoven worden. Maximaal passen er 48 toetsen in één Gewiss inbouwkader, oftewel zes druktoetsmodules. Rode indicatie-LED's duiden aan of een uitgang, gekoppeld aan de overeenkomstige toets, geschakeld is. De groene indicatie-LED duidt op de aanwezigheid van de 24 V voeding en verlicht meteen ook de module bij duisternis.
Op aanvraag kunnen ook varianten geleverd worden zoals bijvoorbeeld:

- een afdekplaat zonder tekstinschuiflabels;
- infrarood ontvanger zonder toetsen.

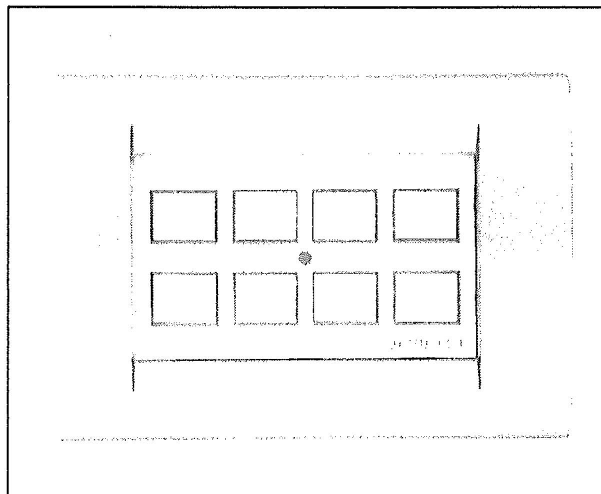
Het gevolg van een toetsdruk is de uitvoering van één of meerdere instructies. Men

kan een toets ook als dimfunctie gebruiken.

**Druktoetsmodule met vier druktoetsen**
Deze inbouwmodule wordt voorgesteld in figuur 3/8.10-15-8. Er kunnen vier toetsen geprogrammeerd worden. Elk rood indicatie-LED'je geeft aan of de respectievelijke uitgang ingeschakeld is.



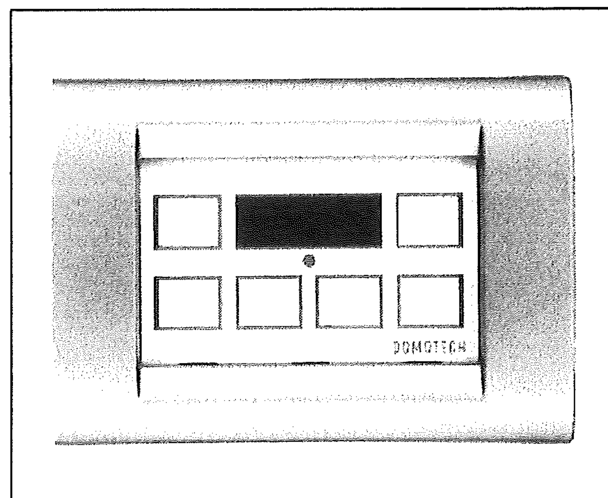

**Figuur 3/8.10.15-8:** De ingangsmodule met vier druktoetsen.



**Figuur 3/8.10.15-9:** De ingangsmodule met acht kanalen.

**Druktoetsmodule met acht druktoetsen**
Deze module is voorgesteld in figuur 3/8.10-15-9. De werking is identiek aan de module met vier kanalen.

**Druktoetsmodule met zes druktoetsen en temperatuursensor**
De ingebouwde sensor zal de temperatuur meten in de plaats waar deze module zich bevindt. Per ruimte waarvan de temperatuur wordt geregeld is dus een dergelijke module vereist. Men heeft de keuze tussen een vast dag- of nachtscenario of een automatisch verloop. Naargelang de gemeten waarde kunnen de ingestelde uitgangen gestuurd worden. De temperatuur kan digitaal tot op een halve °C ingesteld worden.
Dèze module is voorgesteld in figuur 3/8.10-15-10.



**Figuur 3/8.10.15-10:** De ingangsmodule met ingebouwde temperatuursensor.

**Druktoetsmodule met zes druktoetsen en infrarood ontvanger**
De ingebouwde infrarood ontvanger kan 20 verschillende IR-codes ontvangen en de ingestelde overeenkomstige actie uit-

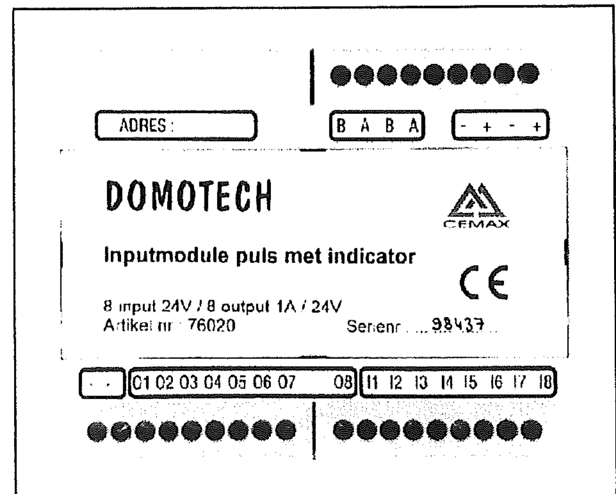
voeren. Vooraleer de IR-ontvanger wordt gebruikt, moet de master de infrarood waarden van de toegepaste afstandsbediening aangeleerd worden. Het systeem kan maximaal 20 IR-codes onthouden. Deze 20 IR-codes kunnen per module een totaal andere functie hebben. IR-code 1 kan bij een bepaalde module bijvoorbeeld het licht in de kamer inschakelen en bij een andere module de rolluiken laten zakken. Dit is volledig vrij instelbaar!
Het systeem is ontworpen met de afstandsbedieningen van B&O en Philips als basis, maar praktisch alle universele afstandsbedieningen kunnen gebruikt worden. De IR-sensor heeft een brede invalshoek, dus kunnen twee IR-modules beter niet naast elkaar geplaatst worden, om dubbele uitvoering van IR-codes te vermijden. Er kunnen maximaal 30 IR-modules op de bus aangesloten worden. De uitvoering van dit ingangsmodule lijkt volledig op het module met temperatuursensor (zie figuur 3/8.10-15-10).

### Werken met drukknoppen

Het systeem kan ook de signalen van gewone drukknoppen verwerken. De signalen die deze knoppen leveren moeten uiteraard wél aangesloten worden op ingangsmodulen.
Er zijn twee speciale ingangsmodulen leverbaar voor het verwerken van de signalen van drukknoppen.

- Inputmodule puls:
  Dit module ontvangt de signalen van acht drukknoppen en zet deze op de bus.
- Inputmodule puls met indicator:
  Dit module doet hetzelfde, maar beschikt over acht uitgangen voor het aansturen van indicatoren.

In figuur 3/8.10-15-11 is de uitvoering van dit laatste module weergegeven.

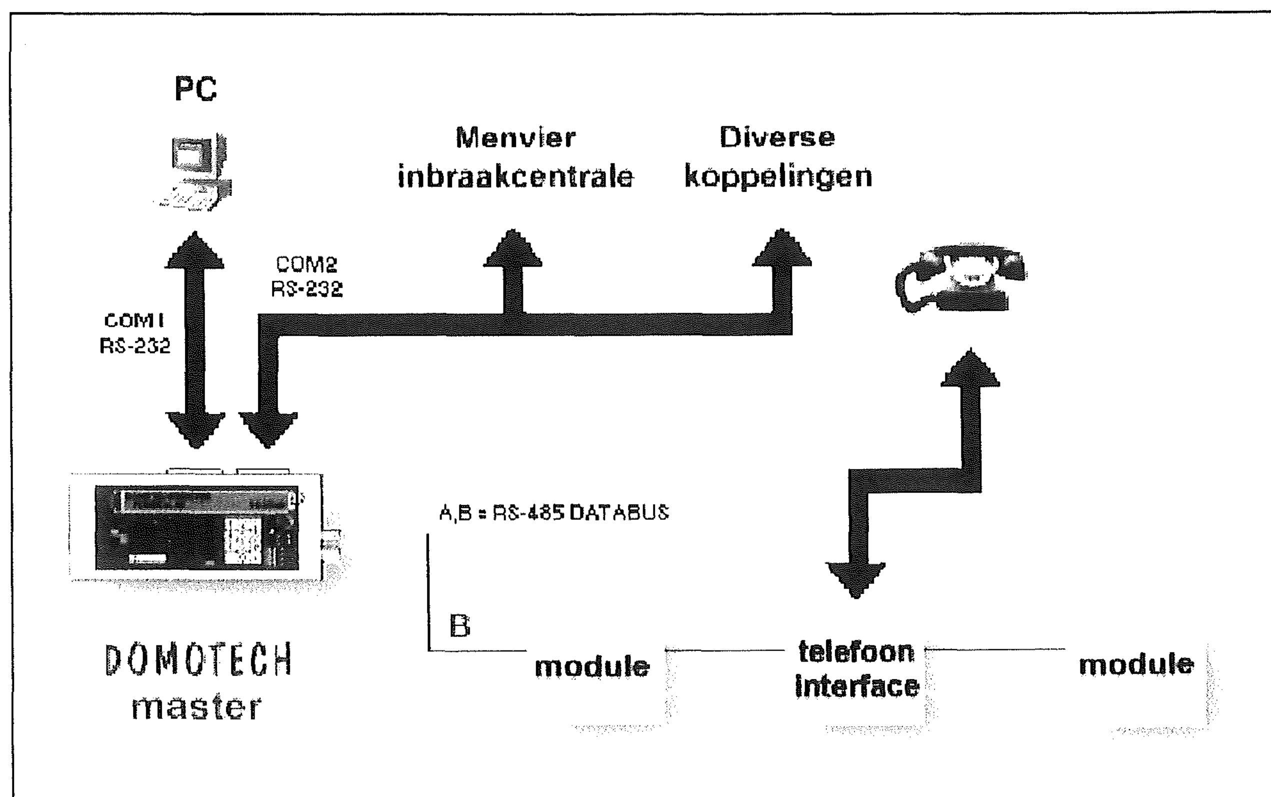



**Figuur 3/8.10.15-11:** De module voor het aansluiten van acht drukknoppen.

### Timers

Men kan het Domotech-systeem timen door op bepaalde tijden van de dag bepaalde acties uit te voeren. Een timer zorgt voor de uitvoering van een instructie. Op een bepaald tijdstip kan er dus slechts één instructie uitgevoerd worden. Maar deze instructie kan op zich een hele reeks andere instructies uitvoeren, zodat zeer complexe acties kunnen worden uitgevoerd door slechts één timer.
Er zijn twee verschillende timermodules beschikbaar.

- Vaste timer:
  Hiermee kan men acties op vast geprogrammeerde tijden in- en uitschakelen. Een typisch voorbeeld hiervan is het bedienen van een rolluik. Deze timers zijn instelbaar tot op de minuut.
- Variabele timers:
  Het principe van variabele timers is hetzelfde als dat van de vaste timers, doch deze worden geactiveerd op toevallige momenten, zoals bijvoorbeeld na een toetsdruk. Voorbeeld: na een toetsdruk gaat het licht in de gang aan en na tien seconden gaat dit licht weer automatisch uit.




**Figuur 3/8.10.15-12:** Het bedienen van het systeem via de telefoon.

In de basisversie van het systeem kunnen 750 timers geïntegreerd worden, in de grote versie niet minder dan 3.000.

**Continue ingangen**

Er bestaat een module waarop allerlei soorten contacten kunnen worden aangesloten. Deze ingangen komen bijvoorbeeld van sensoren met mechanische contacten, inbraakalarmschakelaars, vloermatten met schakelaars, etc. De variabele ingangen kunnen een interessante controlerende functie in het gebouw hebben. Enkele toepassingen zijn:

- Lichtdetectie;
- Bewegingsdetectie;
- Niveaupeiling.

Op basis van dit principe kan bijvoorbeeld een volledige toegangscontrole opgebouwd worden met een minimum aan inspanningen. De module reageert op toestandsverandering van de ingangen, sensoren die continu pulseren kunnen hier niet gebruikt worden.

**Telefoonbesturing**

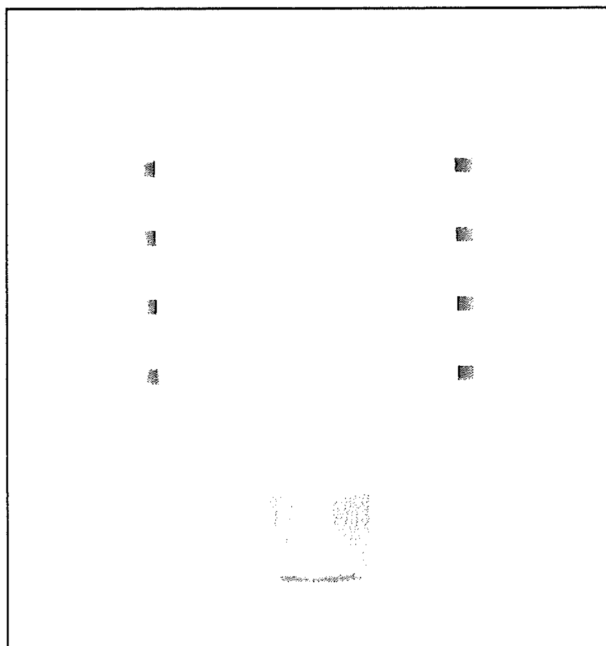
Het Domotech-systeem kan volledig op afstand bediend worden met behulp van de telefoon. Via de telefoonlijn kan men de reeds in het systeem aanwezige instructies uitvoeren. De uit te voeren acties worden begeleid door een digitale stem. Men kan maximaal 50 instructies opnemen als telefooninstructies.
Ter beveiliging van het systeem zijn twee toegangscodes aanwezig, namelijk een wachtwoord en het aantal belpulsen dat moet overgaan alvorens het systeem reageert.
In figuur 3/8.10-15-12 is voorgesteld hoe deze telefoonbesturing in het systeem geïntegreerd kan worden.

### Temperatuur-ingang

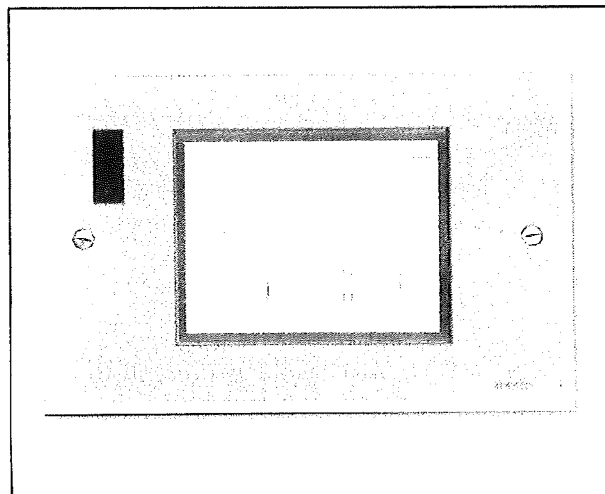
De buitentemperatuursensor laat toe de buitentemperatuur te meten. Deze module dient buiten gemonteerd te worden op een plaats waar gemiddelde temperaturen bereikt worden, dus bijvoorbeeld niet op een uiterst zonnige plaats.
De module is voorzien van een interface die rechtstreeks op de domotica-bus is aangesloten. Deze temperatuursensor meet de temperatuur tot op 0,5 °C nauwkeurig.
Er kunnen allerlei testen uitgevoerd worden op temperatuurmetingen, bijvoorbeeld:

- test op minimum/maximum buitentemperatuur;
- test op temperatuur in een bepaalde ruimte.

De uitvoering van deze buitensensor is voorgesteld in figuur 3/8.10-15-13.



**Figuur 3/8.10.15-13:** De module die de buitentemperatuur meet.



**Figuur 3/8.10.15-14:** Het LCD-paneel.

## LCD-panelen

### Inleiding

Een zeer modern alternatief voor de beschreven ingangsmodulen is het leverbare LCD-paneel met touchscreen. Dit paneel bevat een touchscreen of aanraakscherm. Door rechtstreeks op het scherm te drukken kan men acties ondernemen. Een toetsenbord of drukknoppen zijn niet meer vereist!

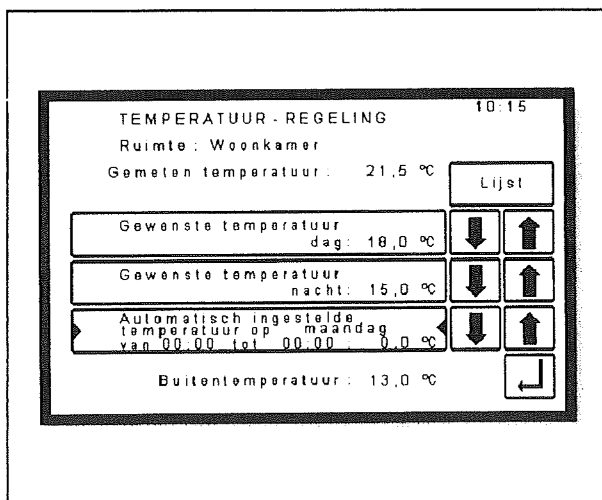
### Uitvoering

De uitvoering van dit speciale module is geschetst in figuur 3/8.10-15-14. Het paneel beschikt over een wit-blauwe CFL-backlight schermpje dat automatisch na 1,5 minuut uitschakelt bij inactiviteit. Elke druk op het scherm gaat gepaard met een piepje. Via dit paneel kan men alle ingestelde uitgangen bedienen, als ook de timers en alle ingangen door op de overeenkomstige knop op het scherm te drukken.
Het hoofdmenu bestaat uit volgende knoppen:

- adresinstelling;

- lampen en dimmerkanalen;
- stopcontacten;
- scenario's;
- rolluiken/gordijnen;
- temperatuur-en airconditioning (binnen en buiten);
- timers;
- inbraakcentrale;
- alarms of audio.

De diverse menu's worden grafisch voorgesteld op het paneel. Men kan zélf bepalen wat er op de verschillende menu's op het paneel moet komen te staan. In elk menu is er een lijst te zien van de geselecteerde items en van specifieke knoppen om de uitgangen te besturen. In figuur 3/8.10-15-14 is bijvoorbeeld weergegeven wat er op het schermpje verschijnt na het aantoetsen van het menu "Temperatuur". Men kan met dit menu de volledige temperatuurregeling beheersen zonder tussenkomst van een PC!




**Figuur 3/8.10.15-15:** Het regelen van de temperatuur via het menu "Temperatuur" op het LCD-schermpje.

Bij de menu-optie "Timers" kan men de tijden op het scherm wijzigen. Bij de menu-optie "Alarms" komen alle geactiveerde alarmen automatisch en onmiddellijk op het LCD-paneel. Dit gaat al dan niet gepaard met een akoestisch signaal om te waarschuwen dat er iets mis is. Vanuit het paneel kan men de alarmen weer uitschakelen. Praktische toepassingen van deze optie zijn:

- waterpeil meten in vijver, indien te laag alarm;
- oproepsysteem in een hotel;
- wekker.

# Audio en video

## Inleiding

Het Domotech-systeem kan samenwerken met een Xantech ZPR68-10 systeem met als doel op meerdere plaatsen tegelijk te kunnen genieten van muziek en video. Dit multi-room, multi-source concept is volledig geïntegreerd in het systeem door de audio-interface, die de communicatie verzorgt met het Xantech-systeem.
De ZPR68-10 kan zes tot vijftien zônes besturen met telkens acht bronnen, zoals CD, Minidisc, Tuner, Video, etc. Net als de reeds beschreven dimmerinterface zal de audio-interface de master ontlasten van de communicatie met Xantech.

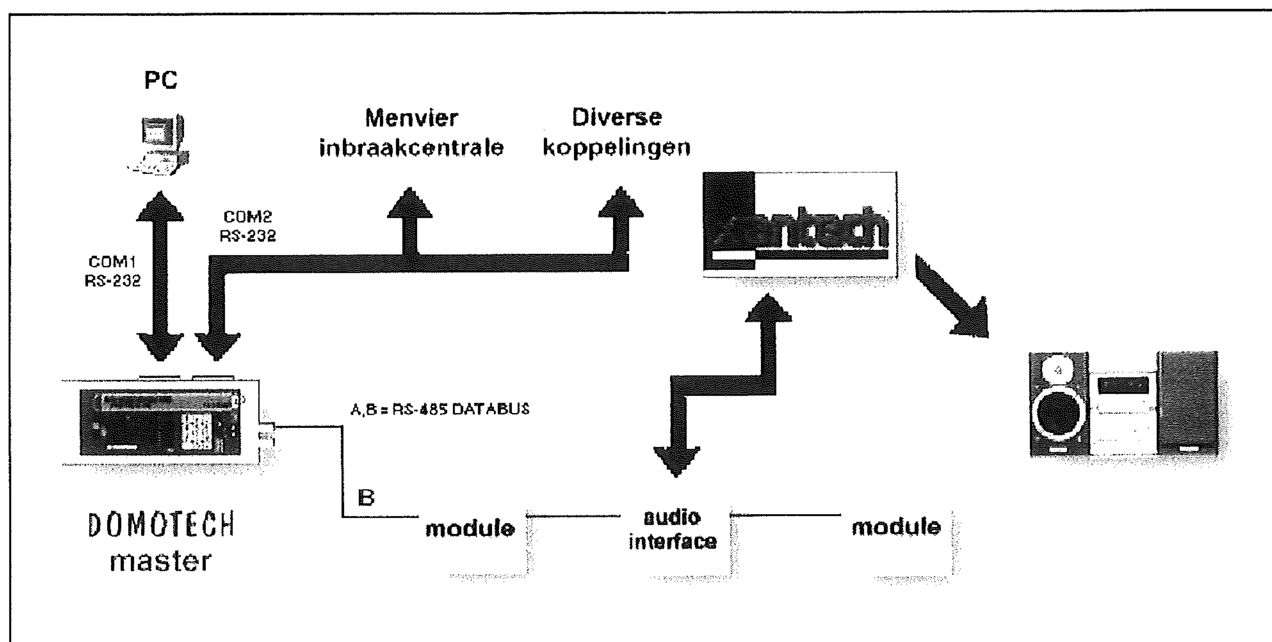
## Regelmogelijkheden

Volgende zaken kunnen geregeld worden:

- volume instellen, op en neer;
- lage tonen instellen, op en neer;
- hoge tonen instellen, op en neer;
- zône aan en uit;
- bron instellen, volgende en vorige;
- mute functie;
- flat functie.

In figuur 3/8.10-15-16 is getekend hoe de audio-interface in het systeem geïntegreerd wordt.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.15-16:** Het integreren van de audio-besturing in het systeem.

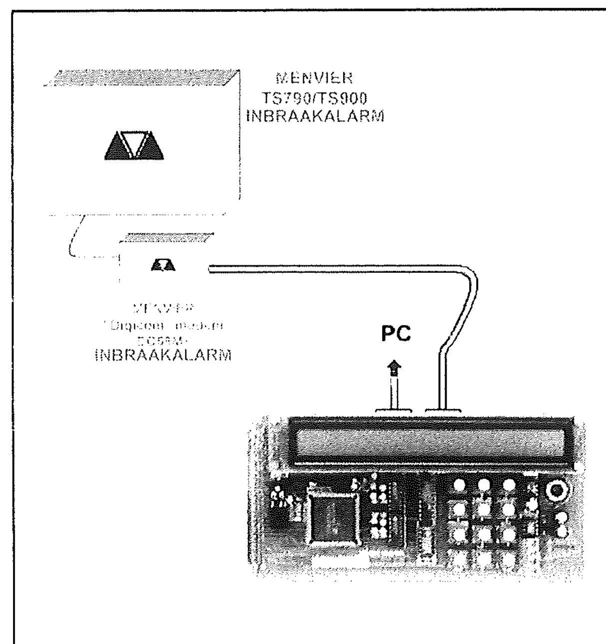
# Koppeling aan externe systemen

## Inleiding

De master is uitgerust met seriële poorten. Eén poort is bedoeld voor het aansluiten van een PC, de tweede (COM2) kan gebruikt worden om het systeem te koppelen met externe systemen. Zo is het systeem standaard gekoppeld met een Menvier inbraakcentrale van het type TS790/TS900. Dit uiterst complexe maar héél eenvoudig in te stellen systeem is van Britse makelij en kan volledig geëmuleerd worden op het LCD-paneel van het Domotech-systeem.

## Zeer universeel

Het systeem kan steeds gekoppeld worden met andere systemen, zolang er maar een RS-232 verbinding voorzien is. In figuur 3/8.10-15-17 is als voorbeeld geschetst hoe de Domotech-master via de COM2 poort en een speciaal modem gekoppeld kan worden aan de reeds besproken Menvier alarmcentrale.




**Figuur 3/8.10.15-17:** Koppeling van het systeem aan externe systemen via de seriële poort.

# WinDomo

## Inleiding

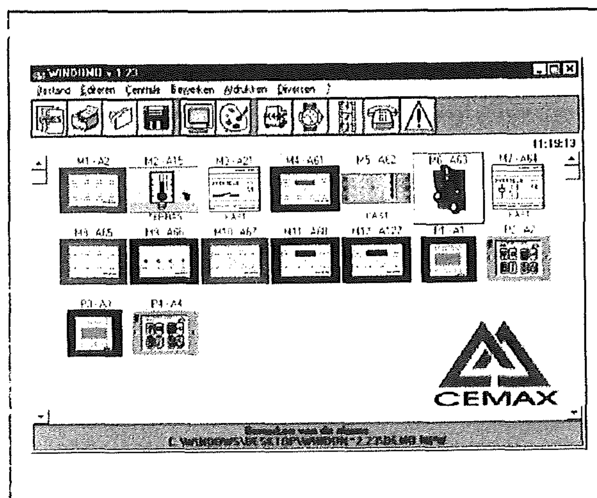
Het Domotech-systeem is volledig gebaseerd op het uitvoeren van instructies. Als alle uitgangen hardwarematig gedefinieerd zijn, kan men overgaan tot het aanmaken van instructies en het instellen van de ingangen. Deze instructies kunnen met het softwarepakket WinDomo op eenvoudige manier aangemaakt worden. De instructies hebben betrekking op:
- lampen;
- stopcontacten;
- dimmers;
- rolluiken;
- temperatuur en airconditioning;
- logische functies;
- scenario's;
- alarmmeldingen;
- inbraakcentrale;
- audio/video;
- telefoon;
- systeemvariabelen.

Voorbeelden van dergelijke instructies zijn:
- licht eetkamer aan/uit;
- licht woonkamer dimmen naar 43 % in 5 seconden;
- wasmachine uit, gevolgd door droger aan;
- woonkamer naar 23 °C, met timer na 5 seconden;
- scenario "TV kijken" uitvoeren.

Al deze acties kunnen gekoppeld worden aan de ingangen zodat het nadien voldoende is om op één drukknop te drukken om een scenario uit te voeren. Wijzigt men de instructie, dan wordt ook automatisch de toetsfunctie gewijzigd.
In de basisversie van het systeem kan men maximaal 750 instructies definiëren, in de grote versie 4.500.

## Scenario's

Er kan heel diep gegaan worden bij het aanmaken van instructies, bijvoorbeeld door deze te combineren met elkaar, timers te koppelen en logische functies te activeren. Zo kan op logische wijze bijvoorbeeld een toegangscontrole geprogrammeerd worden, compleet met licht- en bewegingssensoren! Een dergelijke samenhang tussen instructies en acties wordt een "scenario" genoemd. Een scenario kan dus meerdere instructies tegelijkertijd uitvoeren. In de basisversie kan men maximaal 100 scenario's definiëren, in de grote versie 400.

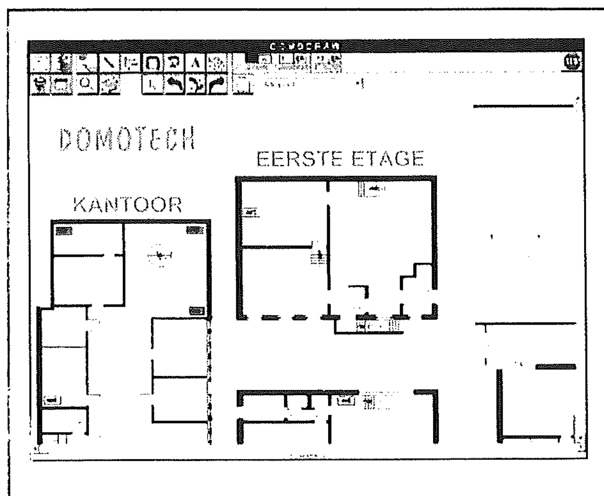



**Figuur 3/8.10.15-18:** Het werken met WinDomo.

## WinDomo

WinDomo is het softwarepakket om het systeem te configureren. In de configuratie ingesteld en doorgestuurd naar het geheugen van de master, dan kan de PC losgekoppeld worden van het systeem. De centrale eenheid (de master) werkt dan volledig autonoom. WinDomo werkt onder MS Windows 3.x, 95, 98, 2K en NT. Het pakket werkt volledig grafisch. Het toetsenbord is alleen noodzakelijk om hier en daar een tekstje in te voeren.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.15-19:** Op een situatieschets kunnen alle modulen en de loop van de bus worden ingevoerd.

In figuur 3/8.10-15-18 is als voorbeeld een van de schermen van dit pakket weergegeven.

**Grondplannen**
WinDomo biedt de mogelijkheid grondplannen te importeren, waarop de modules uit de configuratie worden geplaatst om zodoende de databus te simuleren, zie figuur 3/8.10-15-19.

# Nadere informatie

Domotech, Vlaanderenstraat 1,
8501 Heule - Kortrijk (B)
Telefoon: 056-35.77.16, fax: 056-35.59.55
Email: info@domotech.com,
Internet: www.domotech.com

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper

# 3/8.10.16

# Energievoorziening in boot, camper en caravan

## Inleiding

### Vrije tijd en luxe

De West-Europese mens krijgt steeds meer vrije tijd en wil deze tijd zo comfortabel mogelijk doorbrengen. Steeds meer mensen kopen of huren een boot, caravan of camper en trekken daarmee wekenlang de wijde wereld in. Maar, bijna niemand wil de normale huiselijke luxe missen en dus worden deze transportmiddelen volgestouwd met alle elektrische apparaten die ook thuis tot de dagelijkse omgeving horen. Een betrouwbare stroomvoorziening is dan onontbeerlijk.

### Verbruikers en hun verbruik

Dat een koelkast 50 W verbruikt zegt onder deze specifieke omstandigheden niet erg veel. Men heeft immers te maken met laagspanningsvoeding van 12 V of 24 V die via een omvormer wordt omgezet in 230 V wisselspanning. Die omvormer werkt niet verliesvrij en dus is niet met een simpele berekening te achterhalen hoeveel stroom een bepaalde 230 V verbruiker van de accu vergt. Om een indruk te krijgen is in het overzichtje van figuur 3/8.10.16-1 weergegeven hoeveel ampère vaak toegepaste verbruikers van een 12 V boordnet vergen. Als men 24 V accu's toepast worden deze cijfers uiteraard anders.

**Enkele belastingen in uw voertuig:**

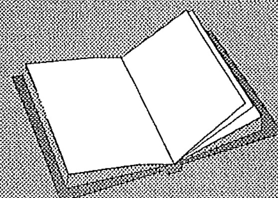
| bijvoorbeeld (bij 12V net) | vermogen | stroom |
|---|---|---|
| navigatieverlichting | 85 Watt | 7 Ampère |
| koelkast | 50 Watt | 4 Ampère |
| waterpomp | 70 Watt | 6 Ampère |
| diversen: (ruitewisser, radio, schijnwerper) | 100 Watt | 8,3 Ampère |

**Gebruik in een bepaalde tijd:**

| stroom | tijd | verbruik |
|---|---|---|
| 7 Ampère | 10 uur | 70 Ah |
| 4 Ampère | 12 uur | 48 Ah |
| 6 Ampère | 1 uur | 6 Ah |
| 8 Ampère | 1 uur | 8 Ah |
| Benodigd in die tijd | | 132 Ah |

Figuur 3/8.10.16-1: Stroomverbruik uit een 12 V accu van vaak toegepaste verbruikers in boot, camper en caravan.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/3.23
Hoofdstuk 3/3.35
Hoofdstuk 3/3.36
Hoofdstuk 4/8.6
Hoofdstuk 4/8.22



In figuur 3/8.10.16-2 is een soortgelijk lijstje opgenomen, maar voor deze accuspanning.

| | | |
|---|---|---|
| **Voorbeeld van een verbruik in een camper:** | | |
| (24 volt installatie) | | |
| gebruiker vermogen x aantal uren = verbruik | | |
| kleuren t.v. | 75 Watt x 2 = | 150 Wh |
| magnetron | 1000 Watt x 15 min. = | 250 Wh |
| mixer | 300 Watt x 5 min. = | 35 Wh |
| stereo | 45 Watt x 1 = | 45 Wh |
| koelkast | 100 Watt x 4 | |
| (draait gem. 50% van de tijd) = 400:2 = | | 200 Wh |
| verlichting | 100 Watt x 4 = | 400 Wh |
| totaal verbruik = | | 1080 Wh |
| 1080 Wh : 24 (spanning accu) = ± 45 Ah | | |
| verbruik van de omvormer (± 10%) = 5 Ah | | |
| totale capaciteitsverbuik = 50 Ah | | |

Figuur 3/8.10.16-2: Stroomverbruik uit een 24 V accu van vaak toegepaste verbruikers in boot, camper en caravan.

**Netonafhankelijke energievoorziening**

Wie alleen parkeert bij de camping heeft geen probleem. Daar is immers tegenwoordig wel steeds een 230 V voorziening aanwezig. Wie echter avontuurlijker van aard is en boot, tent, caravan of camper in de vrije natuur stalt, moet zélf voor stroomvoorziening zorgen. De boordaccu van de auto of boot is allang niet meer in staat de draagbare TV's, koelkasten, vriesboxen, satellietontvangers en audioapparatuur te voeden. Er moet dus een echte netonafhankelijke energievoorziening aanwezig zijn. Dat kan eenvoudig maar ook ingewikkeld en zeer professioneel.

Voor de gehele installatie moet men rekenen op een bedrag tussen *f* 850,00 en *f* 12.000,00.

**Samenstelling van de installatie**

Een netonafhankelijke energievoorziening bestaat steeds uit de volgende onderdelen:

- De accu of accu's
  Deze zijn helaas nog steeds onmisbaar als opslagmedium voor de energie. Hoewel men meestal onmiddellijk denkt aan een paar oude loodaccu's zijn er tegenwoordig echter heel wat elegantere systemen.
- De energieleverancier
  Ergens moet men de energie vandaan halen. Hiervoor bestaan diverse oplossingen. Men kan de accu's natuurlijk af en toe opladen bij een stopcontact en dan heeft men een acculader nodig. Wie volledig onafhankelijk wil zijn zoekt zijn heil bij een generator, zonnecellen, brandstofcellen of een windmolen.
- De omvormer
  De accu's leveren een gelijkspanning van 12 V of 24 V. Die spanning moet uiteraard omgezet worden naar een 50 Hz wisselspanning van 230 V. Hiervoor staan omvormers ter beschikking.
- Combi-apparatuur
  Men kan ook besluiten zogenoemde "combi"-apparaten aan te schaffen. Deze bevatten een acculader en een omvormer, zodat zowel het laden als het ontladen van de accu in één hand is.

**En nu de praktijk!**

In de volgende paragrafen van dit hoofdstuk worden de verschillende onderdelen van het systeem uitgebreid en praktijkgericht beschreven.

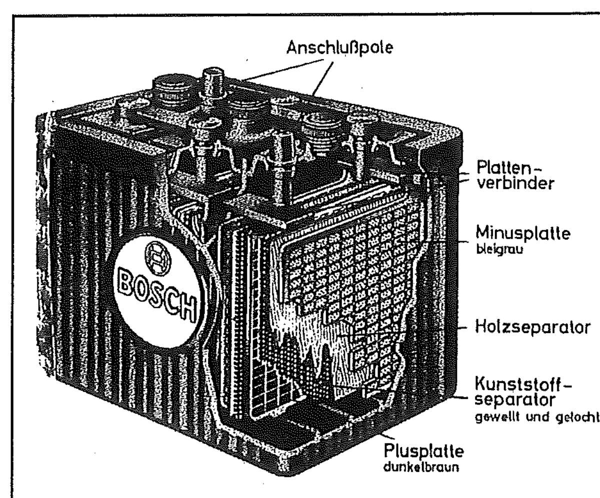
# De accu of accu's

## Soorten accu's

Er zijn verschillende soorten accu's in de handel. De meest bekende is uiteraard de lood/zwavelzuur-accu. Deze zit in iedere auto. Een moderne soort is de nikkel/cadmium-accu, die als oplaadbare batterij zeer geschikt is. Vanwege het lastige spanningsverloop dat deze accu's bij het laden nodig hebben is dit type minder geschikt voor gebruik aan boord van boot, caravan of camper. Vandaar dat dit type in dit hoofdstuk niet besproken wordt.
Een geheel nieuwe technologie wordt op de markt gebracht onder de naam "X-celler accu". Dit is een accu die is samengesteld met de zogenoemde "holle koolstofvezel"-technologie. Hierdoor kan de accu niet meer sulfateren, hetgeen de levensduur en de specificaties ten goede komt.

## Algemeen principe van de loodaccu

Een accu kan elektrische energie opslaan onder de vorm van chemische energie en deze nadien weer in elektrische energie omzetten. Als men zich even een loden accu voor ogen neemt kan men stellen dat er zich tussen de loden "platen" in de cellen chemische processen afspelen. Een loodaccu bestaat uit meerdere cellen met een spanning van ongeveer 2,1 V. Door deze cellen in serie te schakelen ontstaat de accuspanning van 6 V, 12 V of 24 V. Iedere cel heeft positieve en negatieve platen. Per cel zijn er meer of minder platen aanwezig, dit is afhankelijk van de capaciteit van de cel. De cellen worden ondergedompeld in een zwavelzuur/water-mengsel (het elektroliet) en vormen zo een "galvanisch element". Aan de positieve plaat wordt daarbij loodoxide gevormd en aan de negatieve plaat lood. Tijdens het laden verandert de zuurgraad van het accuzuur, het wordt steeds meer geconcentreerd.
De samenstelling van een dergelijke traditionele accu is getekend in figuur 3/8.10.16-3.

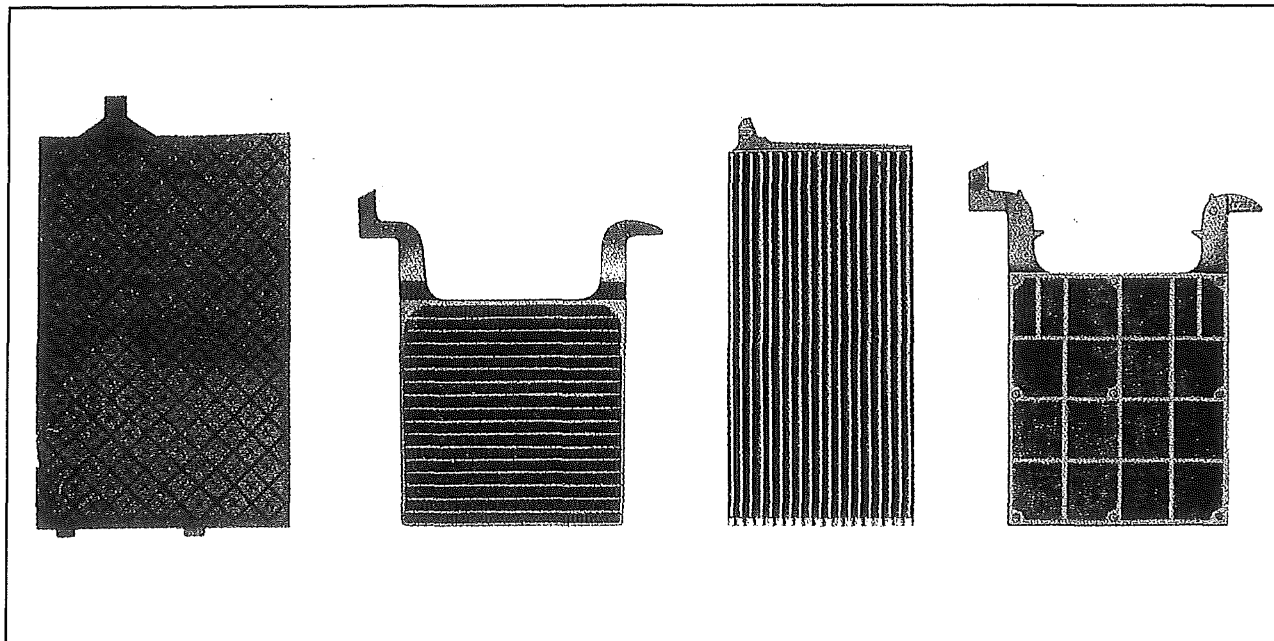



**Figuur 3/8.10.16-3:** De samenstelling van de traditionele lood-accu.

Bij het ontladen wordt het elektroliet weer zuurarmer omdat het zwavelzuur wordt verdund door het water dat ontstaat bij de omzetting van lood in loodoxide.

## Soorten loodaccu's

Er zijn verschillende soorten loodaccu's ontwikkeld. Het verschil houdt onder andere verband met het aantal platen per cel, omdat de maximaal te leveren stroom wordt bepaald door het plaatoppervlak. Bovendien verbetert de levensduur van de accu wanneer de plaatconstructie en samenstelling verbetert. Dat beperkt dan weer het aantal platen per cel. In figuur 3/8.10.16-4 is een aantal vaak toegepaste plaatconstructies voorgesteld.



Figuur 3/8.10.16-4: Vaak toegepaste plaatconstructies.

Aan de hand van de constructieve kenmerken kan men loodaccu's in drie klassen indelen:

- Start accu's
  Worden gekarakteriseerd door veel platen per cel en grote stroomcapaciteit gedurende een korte tijd. Dergelijke accu's ontladen tot maximaal 80 % van hun capaciteit en zijn uitermate geschikt voor het aandrijven van startmotoren.
- Licht accu's of semi-tractie accu's
  Deze hebben minder platen per cel, maar deze platen zijn dikker. Deze accu's kunnen minder stroom leveren dan start accu's maar wel gedurende een veel langere tijd. Deze accu's kunnen ontladen worden tot ongeveer 50 % van hun capaciteit. Deze typen zijn zeer geschikt voor gebruik met elektrisch gereedschap.
- Tractie accu's
  Worden gekarakteriseerd door een geheel afwijkende plaatconstructie, waardoor er veel stroom kan worden afgenomen, diepere ontlading mogelijk is, snel kan worden geladen en de levensduur aanmerkelijk wordt verlengd. Deze accu's worden bijvoorbeeld gebruikt bij vorkheftrucs, winkel- en meetwagens.
- Gel accu's
  Sinds kort verschijnen steeds meer zogenoemde gel accu's op de markt. In dit soort accu's is een belangrijk deel van de bezwaren die aan toepassing van natte accu's kleven ondervangen. De fabricage van deze accu's vereist echter een high-tech procédé, waardoor aan de fabrieksinstallatie zeer hoge eisen worden gesteld. Wereldwijd gezien is er maar een handvol producenten van gel accu's.

**De start accu**

De start accu is vanwege de constructie alleen geschikt voor het leveren van korte maar zware belastingen met hoge stroom zoals bij het starten van een motor. Het verschil met een licht accu is voornamelijk

de oppervlakte van de platen met lood in de accu. Naarmate de oppervlakte van de accuplaten toeneemt, kan het zuur makkelijker de platen binnendringen hetgeen een grotere stroomafgifte mogelijk maakt. Het voornaamste kenmerk van een start accu is dan ook dat deze grote en dunne platen heeft. De start accu is niet geschikt voor cyclische belastingen, zoals doorlopend laden en ontladen, in een systeem om bijvoorbeeld de verlichting van een camper of boot te voeden. Een start accu is echter relatief goedkoop.

**Licht accu's of semi-tractie accu's**
De standaard semi-tractie accu is een loodaccu met een vloeibaar navulbaar elektroliet. Deze stroombron is geschikt voor lichte cyclische toepassingen. De semi-tractie accu kan ook worden gebruikt om mee te starten, mits de capaciteit dat toelaat. Door de bijzondere samenstelling (dikke platen met speciale separatie) kunnen deze accu's lang mee als ze goed geladen en geladen onderhouden worden. De levensduur van deze accu's valt of staat echter met de manier waarop ze gebruikt en onderhouden worden. In het algemeen geldt dat de levensduur toeneemt, als de accu's over het algemeen in een hoge laadconditie verkeren, bij voorkeur ongeveer 80 % van de capaciteit. Semi-tractie accu's zijn wat duurder, maar de extra investering loont vanwege hun levensduur en betrouwbaarheid.

**Tractie accu's**
Tractie accu's zijn de meest ideale loodaccumulatoren. Zij worden gekenmerkt door een grote stroomcapaciteit, levensduur en betrouwbaarheid. Het probleem is echter de prijs en afmetingen. Iedere cel heeft een positieve plaat met een zogenaamde buisjesstructuur. Hierdoor is de plaat beter bereikbaar voor het zwavelzuur en ontstaat er een groot oppervlak. Deze accu's zijn bijzonder geschikt voor zeer intensief gebruik van de installatie. Dit type accu kan met hoge stromen worden geladen en is daardoor weer snel voor gebruik beschikbaar.

**Gel accu's**
De gel accu heeft een gesloten behuizing met een overdrukventiel in het deksel. De ruimte in de accu staat op een lichte overdruk. Het is beslist niet waar dat deze accu's niet kunnen gassen. Zij doen dat net als de overige typen, maar onder normale omstandigheden (laadspanning onder 2,38 V per cel) ventileren ze niet.
De belangrijkste voordelen van gel accu's zijn:
- geringere zelfontlading;
- diepere ontlading mogelijk;
- de accu kan vaker worden ontladen;
- gemiddeld hoge productkwaliteit, waardoor deze accu's beter geschikt zijn voor serie- en parallelschakeling;
- onderhoudsvrij en gesloten bouwwijze;
- geen ventilatie noodzakelijk bij juiste lading.

In het algemeen kan worden gezegd dat gel accu's een veel langere levensduur hebben in vergelijking met semi-tractie accu's. Zuurschade aan voertuig en kleding is nauwelijks mogelijk. Er kleven echter ook wat nadelen aan de toepassing van gel accu's, hoewel die door gebruik van een juiste laadinrichting geheel zijn te ondervangen:
- de laadinrichting (lader/dynamo) is gebonden aan een maximum spanning (2,38 V per cel bij 20 °C) ;
- bij toename van de omgevingstemperatuur boven 20 °C MOET de laadspanning naar beneden toe worden afgere-

geld, anders ontstaat gasvorming in de accu;
- bij transport is meer zorg nodig om beschadiging van seals, bodem en deksel te voorkomen;
- als er te lang met een te hoge spanning wordt geladen droogt de gel in en verliest de accu zijn capaciteit.

Samenvattend kan men stellen dat de gel accu bijzonder geschikt voor gebruik als licht accu in boten, campers en caravans. Men moet echter wel tegelijk met de aanschaf van de accu's een juiste acculader voor dit type kopen. Dit apparaat moet die de laadspanning automatisch voor een hogere temperatuur compenseren. Laders met Wa-karakteristiek en gewone IU-laders zijn voor gel-accu's uit den boze!
Een van de belangrijkste fabrikanten van gel accu's is Sonnenschein met de reeks "Dryfit" accu's, zie figuur 3/8.10.16-5. Bij deze typen kan, door de toepassing van speciale separatoren met vaste gel, de actieve massa aan de platen hechten en de plaat zelf wordt in de gel vastgezet. Daardoor wordt het gevaar op kortsluiting uitgesloten en worden de platen op afstand van elkaar gehouden: de gel fungeert als cement. Dryfit gel accu's beschikken over extra dikke accuplaten. Ze zijn daardoor bij uitstek geschikt om langdurig diepe ontlading te weerstaan. Ook kunnen deze gel accu's in een tijdsbestek van zo'n vier weken na de diepe ontlading nog gewoon worden gereactiveerd, door ze gedurende 48 uur weer op te laden. Dit type gel accu is niet alleen ideaal voor cyclisch gebruik als boordnet verzorgende accu, maar ook voor hoogcyclisch solargebruik.

**De X-celler accu**

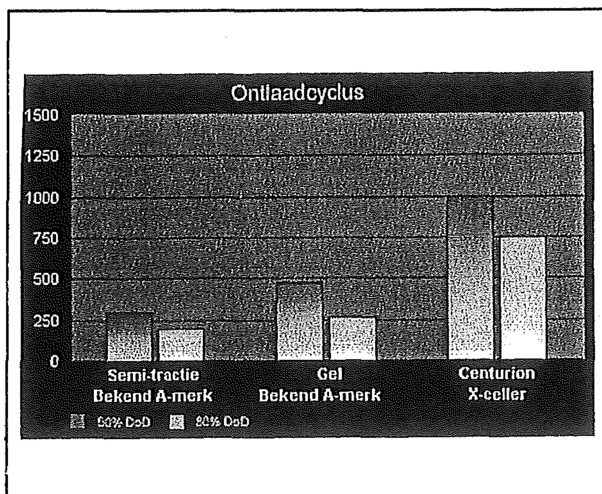
X-celler is een werkelijk revolutionaire batterijtechnologie ontwikkeld door Centurion, de enige Nederlandse accufabrikant. Deze accu's zijn voorzien van koolstofvezeltechnologie en zijn het resultaat van jarenlange proefnemingen in de praktijk. De X-celler is met name geschikt voor gebruik in combinatie met rolstoelen, service- en meetwagens, reinigingsapparaten, golfcarts, ambulances en andere voer- en vaartuigen.
De X-celler accu kan tenminste 750 maal ontladen worden tot een eindspanning van 10,8 V. Dit is uniek voor een vlakplaatbatterij volgens de lood/zwavelzuurtechnologie. Een vergelijking op dit gebied is weergegeven in figuur 3/8.10.16-6.



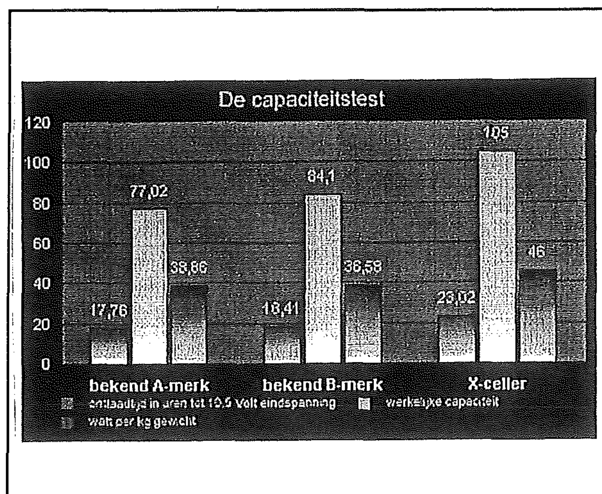
**Figuur 3/8.10.16-5:** Een voorbeeld van de "Dryfit" gel accu's van Sonnenschein.

Door toepassing van holle koolstofvezel bedraagt de levensduur bij normaal gebruik twee- tot driemaal die van conventionele accu's. Bij gebruik conform de voorschriften is de X-celler geheel onderhoudsvrij gedurende zijn levensduur. Bij onverhoopt overladen blijft echter de mogelijkheid om gedestilleerd water bij te vullen bestaan. Het zuur kan niet uit de bak lekken, ook niet bij scheef staan van de batterij en door de speciale constructie kan eventueel gevormde waterdamp grotendeels condenseren.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

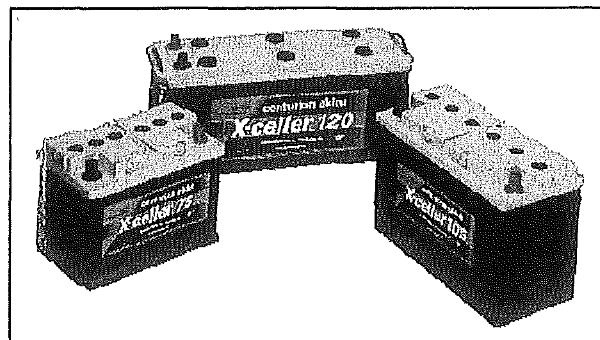



**Figuur 3/8.10.16-6:** Vergelijking van het aantal laad- en ontlaadcycli tussen conventionele accu's en een X-celler.




**Figuur 3/8.10.16-7:** Capaciteitsvergelijking tussen normale accu's en een x-celler.

Uitgaande van dezelfde afmetingen en hetzelfde gewicht levert de X-celler tot 20 % meer energie in vergelijking met accu's van gerenommeerde merken. Bovendien is de beschikbare "veilige" capaciteit, vanwege de diepe cycleerbaarheid, extreem groot.




**Figuur 3/8.10.16-8:** Drie x-celler accu's van Centurion.

In figuur 3/8.10.16-7 is een capaciteitsvergelijking gegeven tussen een x-celler en normale accu's. Bij ontladen accu's vormt zich loodsulfaat in de vorm van kristallen op de platen. Deze verhinderen bij conventionele accu's dat de platen stroom opnemen, doen ook de capaciteit afnemen en kunnen de accu waardeloos maken. De X-celler accu's zijn hiervoor ongevoelig. Miljoenen holle koolstofvezels laten de electroliet- en ionenstroom tot diep in de platen toe. Langdurig buiten gebruik zijn in gedeeltelijk ontladen toestand heeft nauwelijks effect op de capaciteit en stroomafname. Ook vanuit volledig ontladen toestand neemt de X-celler veel sneller dan conventionele accu's stroom op.

De eindlading wordt al bij een 0,4 V lagere spanning (14 V in plaats van 14,4 V) bereikt in een 12 Volt systeem. De X-celler accu is voorzien van een zogenoemde "backfire" beveiliging. Zou onverhoopt de batterij gaan gassen (bij overlading doet elke accu dit, ook de geheel gesloten accu's) dan kan een vonk van buitenaf nooit een explosie van de batterij veroorzaken. Ook bestaat de mogelijkheid een centrale gasafvoer te monteren. In de meeste types is in het deksel een kijkglas gemonteerd, het zogenoemde "Magic Eye".

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper

| | X-celler 60 | X-celler 75 | X-celler 95 | X-celler 105 | X-celler 120 | X-celler 185 | X-celler 230 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| capaciteit C20 | 60 Ah | 75 Ah | 95 Ah | 105 Ah | 120 Ah | 185 Ah | 230 Ah |
| capaciteit C5 | 50 Ah | 60 Ah | 75 Ah | 85 Ah | 96 Ah | 148 Ah | 190 Ah |
| afmetingen LxBxH | 242x175x190 | 278x175x190 | 353x175x190 | 344x172x235 | 513x189x223 | 513x223x223 | 513x270x242 |
| gevuld gewicht (ca.) | 16,5 kg | 20,0 kg | 23,5 kg | 28,5 kg | 37,7 kg | 49,0 kg | 62,2 kg |
| magic eye | ja | ja | ja | nee | nee | nee | nee |
| centrale gasafvoer | ja | ja | ja | nee | ja 2x | ja 2x | ja 2x |

**Figuur 3/8.10.16-9:** Overzicht van de specificaties van de x-celler accu's van Centurion.

Dit geeft met kleurcodes aan of de batterij volledig geladen, dan wel ontladen is. Tevens kan men hiermee in één oogopslag zien of het zuurniveau voldoende is. Centurion levert x-celler accu's met capaciteiten van 60 Ah tot en met 230 Ah.
Qua uiterlijk bestaat er eigenlijk geen verschil met normale accu's, zie figuur 3/8.10.16-8.
In de tabel van figuur 3/8.10.16-9 is een overzicht gegeven van de specificaties van de zeven leverbare typen.

### De capaciteit van een accu

De capaciteit van een accu is een van de belangrijkste specificaties van het apparaat. De capaciteit van een accu wordt uitgedrukt in Ah, afkorting van ampère*uur. Voor een accu van 200 Ah geldt dat er ten hoogste 10 A mag geleverd worden en dat 20 uur lang (20 uur * 10 A = 200 Ah). De maximale laad- en ontlaadstroom is dus gelijk aan een/tiende van de capaciteit.
In het gestelde voorbeeld is de accu echter al helemaal ontladen en zover mag men nooit gaan. Een accu van 200 Ah belast men in de praktijk nooit meer dan 50 %, hetgeen betekent dat men er 100 Ah uit kan halen. Tien uur lang 10 A dus!
Doen men langer over het ontladen van de accu, dan kan men er ook iets meer energie uit halen. Is de belasting groter, dan komt er in totaal minder energie uit.
Voor start en semi-tractie accu's wordt de capaciteit in 20 uur aangegeven (aanduiding 220 Ah/20h).
Bij tractie accu's is dan de 5 uurs belastingaanduiding 175 Ah/5h.

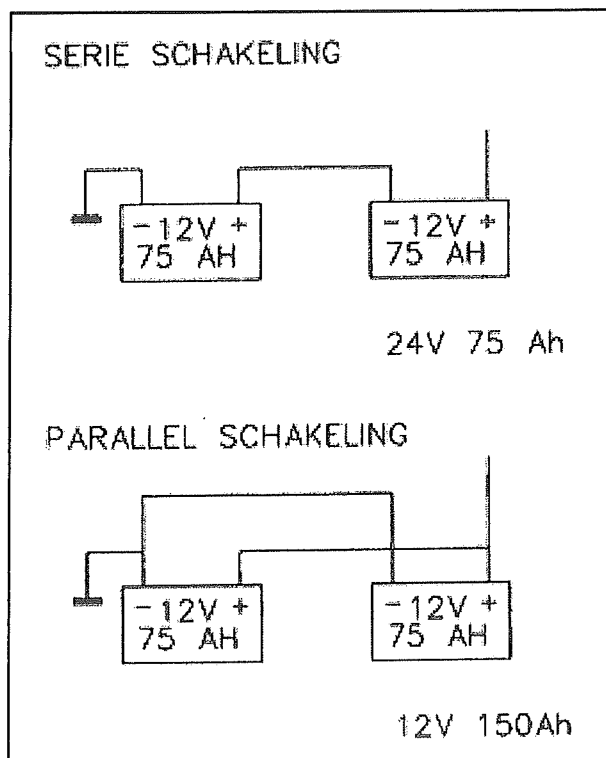
### Welke capaciteit?

Een eenvoudige regel om de noodzakelijke capaciteit van de accu of accu's aan te geven is er niet. De noodzakelijke capaciteit is het verschil tussen het gemiddelde dagelijkse verbruik en de beschikbare lading per dag. De beschikbare lading wordt bepaald door het vermogen van de motorgenerator maal de laadtijd, of door het laadvermogen van de acculader maal de laadtijd. Omdat de accu's normaal gesproken niet meer dan 80 % van de laadtoestand bereiken en maar tot 75 % van de capaciteit mogen worden ontladen, moet de minimum capaciteit nog met een factor van circa 2 tot 2,5 worden vermenigvuldigd.
Indien men een gemiddeld dagelijks verbruik van 100 Ah verwacht, heeft men daar ten minste 260 Ah aan accu's voor nodig.

### Serie en parallel schakelen

Om de gewenste batterijcapaciteit te bereiken, is het onder bepaalde voorwaarden mogelijk accu's in serie en/of parallel

te schakelen. Een van die voorwaarden is dat de accu's bij voorkeur dezelfde productiedatum hebben en van eenzelfde gelijkvormige constructie zijn. Men moet dus identieke accu's toepassen! De schema's voor parallel- en serieschakeling zijn voorgesteld in figuur 3/8.10.16-10.




**Figuur 3/8.10.16-10:** In serie en in parallel schakelen van identieke accu's.

Bij serieschakeling telt men de spanning op en blijft de capaciteit in Ah die van de enkele accu. Bij parallelschakeling kan men de capaciteiten in Ah optellen en is de spanning dezelfde als die van een enkele accu. Als bij een samengestelde accubank één accu defect is en vervangen moet worden, verdient het aanbeveling alle accu's uit die bank te vervangen. Bij parallelschakeling zou een enkele vervangen accu worden genivelleeerd door de oude daaraan parallel geschakelde accu's. Bij serieschakeling krijgt een vervangende accu te weinig laadstroom, doordat de oude daarmee in serie geschakelde accu's een geringere capaciteit hebben op grond van hun leeftijd.

**Onderhouden van de accu's**

Accu's zij dure onderdelen waarvan de levensduur in niet geringe mate wordt bepaald door de manier waarop men er mee omgaat.

Als men de onderstaande regels in acht neemt kan men veel plezier van deze dure investering hebben!

- De maximum toegestane ontlading is een van de belangrijkste aandachtspunten. Start accu's mogen ten hoogste tot 80 % van hun capaciteit ontladen worden. Licht en semi-tractie accu's mogen nooit verder dan 30 % ontladen worden, bij voorkeur nooit verder dan tot 75 % van de maximum capaciteit. Bij een zuurgraad van 1,24 dient de accu op zeer korte termijn te worden geladen. Dit komt overeen met 75 % capaciteit.
- Het vloeistofniveau moet steeds op peil worden gehouden. Het elektroliet moet ongeveer één centimeter boven de bovenzijde van de platen staan. Bijvullen alleen met gedestilleerd water of gedemineraliseerd water ("demiwater").
- Voorkom teveel zelfontlading. De batterijcapaciteit neemt met gemiddeld 0,5 % tot 1 % per dag af. Dit hangt samen met de kwaliteit van de batterij. Langer dan twee maanden mag een natte accu nooit zonder aanvullende lading worden opgeslagen.
- Laadt accu's nooit boven de gasspanning, zodat onnodig watergebruik en gevaarlijke gasvorming wordt voorkomen. Het gevormde waterstofgas is het meest explosieve gas dat er bestaat!

- Laadt de accu's met een voldoende hoge spanning en binnen afzienbare tijd. Een ontladen of "lege" accu is aan vorming van sulfaat onderhevig. Dit onoplosbare zout verzamelt zich onderin de accu en tussen de platen. Een te lange slechte laadconditie verergert de sulfaatvorming en bedreigt de levensduur van de accu met daaraan gepaard gaand capaciteitsverlies.
- Bekijk de laadinstallatie kritisch. De laadstroom is niet altijd bepalend voor de goede lading. Deze dient ook bij de juiste spanning te geschieden. Kijk daarom of de dynamolaadspanning onderweg niet wordt gehinderd en deze op de batterij nog aanwezig is. Voor acculaders geldt hetzelfde.
- Zorg dat accupoolklemmen goed vast zitten. Een slechte verbinding geeft laadverliezen en ontwikkelt warmte. Daarnaast moet een elektrische verbinding goed vastzitten om vonkvorming tegen te gaan.
- Maak de accuklemmen pas los als er geen stroom meer loopt. Indien een accupoolklem wordt losgenomen terwijl er nog stroom loopt, bestaat de kans op een serieuze ontploffing. In de accu bevindt zich namelijk altijd waterstofgas. Neem dus de hoofdzekering los of zet de hoofdschakelaar uit.
- Zorg dat de accuruimte goed wordt geventileerd en niet aan hoge temperaturen bloot staat. Hogere temperaturen brengen de gasspanning van iedere accu omlaag, zodat het ontploffingsgevaar toeneemt. Kies desnoods voor een laadspanning die door een regelaar voor de accutemperatuur wordt gecompenseerd.
- Maak de accupolen en -klemmen regelmatig schoon en voorkom corrosie. Het invetten met vaseline kan een oplossing bieden. Regelmatig schoonspoelen van polen en deksels is ook afdoende.
- Een schone accu is noodzakelijk ter voorkoming van ongelukken en het verlengen van de levensduur van de batterij. Het reinigen van de cellen en de elektrische verbinders is noodzakelijk om de isolatie tussen de cellen onderling zo optimaal mogelijk te houden. Bovendien wordt schade door corrosie als gevolg van accuzuur voorkomen.
- Afhankelijk van de omgeving van de batterij is het onvermijdelijk dat de bovenkant van de batterij stoffig wordt. Tijdens het laden treedt er nevelvorming als gevolg van gassing op, die voor een deel neerslaat op de batterij. Samen met het stof vormt dit dan een dun elektrisch geleidend laagje, waardoor dan zogenoemde kruipstromen vloeien. Deze kruipstromen kunnen per cel in grootte verschillen, met het gevolg dat de ene cel verder ontladen wordt dan de andere. Dit kan een reden zijn voor capaciteitsproblemen wanneer de batterij een tijd heeft stilgestaan.
- Wanneer de kruipstromen groter worden is het niet uitgesloten dat er vonken ontstaan die de gassen tot ontploffing doen brengen.

# Acculaders

### Inleiding

Veelal wordt de belangrijkheid van een goede acculader onderschat. Men koopt goed gereedschap, een mooie camper of boot, maar de acculader vormt vaak een sluitpost. Niet verstandig, want zodra de benodigde energie autonoom van een

accu betrokken wordt, merkt men al gauw dat uitsluitend goede accu's én een goede acculader zorgen voor jarenlang probleemloze energie.

**Het laadproces van een accu**

Om de accu te laden moet door een externe spanningsbron de celspanning worden opgevoerd tot een waarde boven 2,1 V. Aan de waarde van de laadspanning is een maximale grens gesteld. Bij 2,35 V tot 2,4 V per cel zal een ongewenste gasvorming optreden. Dit uit zich door een verandering van het soortelijk gewicht van de vloeistof, die gemakkelijk gemeten kan worden. Bij een gewone 12 V accu is dat dus bij een spanning tussen 14,1 V en 14,4 V. De spanning van een batterij is afhankelijk van het soortelijk gewicht (s.g.) van het elektrolyt en is te berekenen aan de hand van een globale formule:

**spanning = 0,84 + s.g.**

Een cel met een s.g. van 1,28 zal in rust een spanning geven van 2,12 V, een cel met een s.g. van 1,13 zal in rust een spanning geven van 1,97 V.

Een geladen loodzwavelcel heeft, afhankelijk van de uitvoering, een soortelijk gewicht van 1,27 g/cm respectievelijk 1,29 g/cm. Een ontladen cel komt op een soortelijk gewicht van 1,13 g/cm. Een tractie accu mag maar voor 80 % ontladen worden. Dit betekent dus dat een dergelijke accu van bijvoorbeeld 600 Ah 600 x 80 % = 480 Ah levert. Een batterij die van s.g.=1,29 naar s.g.=1,13 wordt ontladen is in totaal 16 punten in s.g. gedaald. 16 punten is 80 % capaciteit. Verdeeld over 16 punten is dit 5 % per punt.

Als een batterij overkookt door verkeerd bijvullen van de batterij zal het s.g. afnemen, er loopt immers zuur uit de batterij. Als na de lading het s.g. dan niet hoger komt als bijvoorbeeld 1,26 in plaats van 1,29, betekent dit voor de batterij al 15 % capaciteitsverlies!!

**Tips voor het laden van accu's**

Het goed laden van een accu of een accubank is zeker niet moeilijk, maar men moet rekening houden met onderstaande regels.

- Een accu mag alleen met gelijkstroom worden geladen. De pluspool van de accu moet men met de plus aansluiting van het laadapparaat verbinden en de minpool van de accu met de negatieve aansluiting van de lader.
- Tijdens de lading zal de celspanning stijgen. Deze spanningsstijging is afhankelijk van de toegepaste laadstroom en zal bij normale lading van circa 2 V/cel oplopen tot circa 2,65 V/cel. Bij het overschrijden van een laadspanning van de 2,35 tot 2,4 V/cel (14,2 V bij een 12 V accu) begint een levendige gasontwikkeling. Het in de accuvloeistof aanwezige water ontleedt zich in waterstof en zuurstof. Dit gasmengsel is zeer explosief!
- Als gevolg van de stijgende spanning tijdens lading zal de laadstroom geleidelijk afnemen.
- Ladinggebrek is voor loodaccu's schadelijk. Het vermogen van de lader dient aangepast te zijn aan de capaciteit van de toegepaste accu en de beschikbare laadtijd. Een geheel of gedeeltelijk ontladen accu moet in de beschikbare laadtijd weer geheel vol kunnen worden geladen. Vaak wordt een lader te klein gekozen, waardoor in het aantal beschikbare laaduren slechts gedeeltelijke lading kan worden gerealiseerd. Het regelmatig weer in gebruik nemen van niet geheel geladen accu's veroorzaakt sulfatering en daardoor blijvend capaciteitsverlies.

- De celafdichtingsstoppen kunnen tijdens het laden beter op de accu blijven. Zo voorkomt men zuurschade en beperkt men het ontploffingsgevaar.
- Een accu is als geladen te beschouwen indien de zuurdichtheid (soortelijk gewicht) de nominale waarde (bijvoorbeeld 1,28 kg/l) bereikt heeft en niet verder oploopt.
- Na elke ontlading tot een zuurdichtheid van 1,24 kg/l moet de accu weer worden geladen. Indien meer dan 50 % van de beschikbare capaciteiten aan de accu wordt onttrokken moet men de accu onmiddellijk laden om schade te voorkomen.
- Het langere tijd laten staan van ontladen accu's veroorzaakt sulfateren waardoor blijvend capaciteitsverlies optreedt.
- Door tussenladingen in de perioden waarin de accu niet wordt benut voorkomt men eventuele te diepe ontladingen. Hierdoor kan men de levensduur verlengen.

**De capaciteit van de acculader**

Een vuistregel is dat een lader gekozen moet worden welke tenminste een laadstroom kan leveren die gelijk is aan 10 % van de accucapaciteit in Ah. Bij voorkeur wordt zelfs een laadstroom geadviseerd die gelijk is aan 20 % van de capaciteit. Bij een 200 Ah accu-set zal een acculader gekozen worden die minimaal 20 A laadstroom moet kunnen leveren. Men moet bovendien letten op de verbruikers die bij het laden nog stroom verbruiken. Wordt er tijdens het laden ook nog een constante stroom verbruikt van bijvoorbeeld 14 A, dan zal de lader maar 6 A kunnen laden. De accu's komen dan niet snel vol en de lader zal constant de maximale stroom moeten leveren. Men moet dan kiezen voor een zwaardere lader. Men moet er bovendien naar streven dat tijdens het laden zo min mogelijk verbruikers aanstaan!

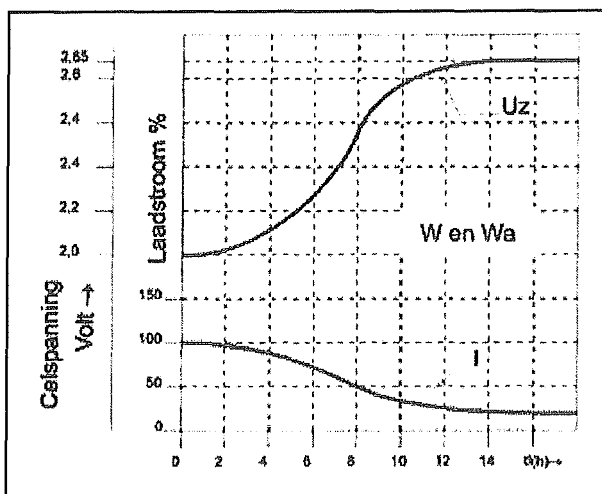
**Soorten acculaders**

Het goed functioneren en het behalen van een goede levensduur van accu's is sterk afhankelijk van de lading en dus van de toegepaste acculader. De keuze van de laadapparatuur is van belang voor de bedrijfszekerheid en levensduur van de accu. Afgezien van het vermogen van de acculader (spanning en laadstroom) zijn er diverse soorten laders, die gekenmerkt worden door de toegepaste laadkarakteristiek en verdere specifieke eigenschappen. Vaak zal men de eis gelden dat aan het eind van de lading automatisch wordt uitgeschakeld, of zelfs een maximum spanning wordt aangehouden. Ook kan het zijn dat men de accu langere tijd of zelfs onbeperkt met de lader verbonden wil laten. Alleen automatische laders met geregelde laadkarakteristiek of automatische uitschakeling zijn daarvoor geschikt.

De relatie tussen de laadstroom van het laadapparaat, de laadspanning en de laadtijd heet de "laadkarakteristiek". Men geeft deze meestal grafisch weer als het verloop van de laadspanning "U" van een enkele cel in V en de laadstroom "I" in A.

Er bestaan laadapparaten die werken met de volgende karakteristieken:
- W-karakteristiek;
- Wa-karakteristiek;
- WoWa-karakteristiek;
- WU-karakteristiek;
- IU-karakteristiek;
- IWUoUoe-karakteristiek;
- IUoUoe-karakteristiek.

Deze karakteristieken worden in de volgende paragrafen in het kort besproken.




**Figuur 3/8.10.16-11:** De laadkarakteristiek van Wa-laders.

### W-karakteristiek

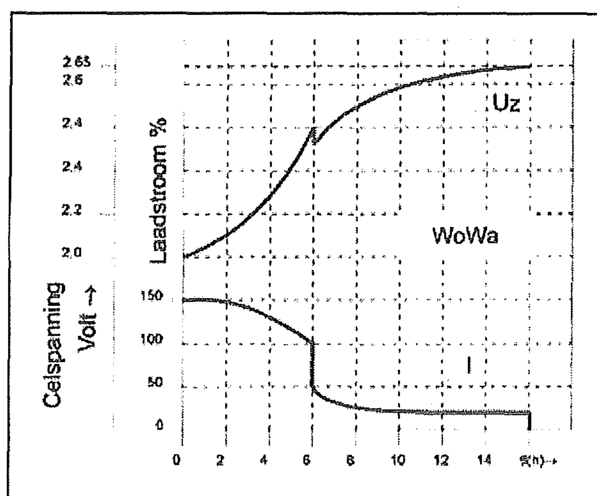
Deze karakteristiek wordt gekenmerkt door een dalende laadstroom bij stijgende spanning, gebaseerd op de inwendige weerstand van de accu. Mits gekozen met een goede nominale laadstroom, is een redelijke laadtijd mogelijk. Het is een goedkoop apparaat, met als nadeel veel gasontwikkeling tijdens de lading en daardoor hoog waterverbruik. Netspanningsfluctuaties kunnen de laadstroom sterk wijzigen. Een acculader met W-karakteristiek kan slechts onder voortdurend toezicht worden gebruikt. Handmatig uitschakelen is noodzakelijk opdat er geen overlading volgt.

### Wa-karakteristiek

Vergelijkbaar met de W-karakteristiek, echter voorzien van een laadautomaat, waardoor de lading qua tijd en/of spanning wordt begrensd, hetgeen overlading voorkomt. Meestal wordt geladen tot een spanningrelais het bereiken van 2,4 V/cel laadspanning vaststelt. Dan wordt een timer gestart die de acculader na enkele uren of na het inladen van een bepaald aantal Ah uitschakelt. Vaak wordt dit soort laders "eerste generatie automatische acculaders" genoemd. De laadkarakteristiek van dit soort laders is weergegeven in figuur 3/8.10.16-11.

### WoWa-karakteristiek

Vergelijkbaar met de Wa-karakteristiek, echter met verhoogde beginlaadstroom. Hierdoor wordt een kortere laadtijd mogelijk. Dergelijke apparaten schakelen automatisch om na het bereiken van een bepaalde spanning naar een lager laadniveau. Bij het bereiken van de gasspanning wordt de lading beëindigd. De laadkarakteristiek van dit soort laders is weergegeven in figuur 3/8.10.16-12.

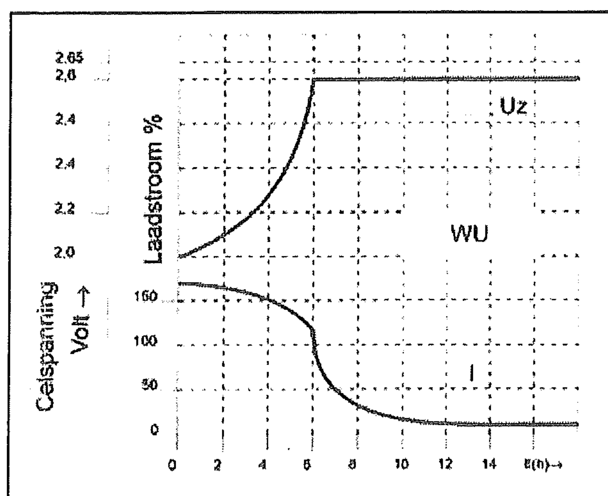



**Figuur 3/8.10.16-12:** De laadkarakteristiek van WoWa-laders.

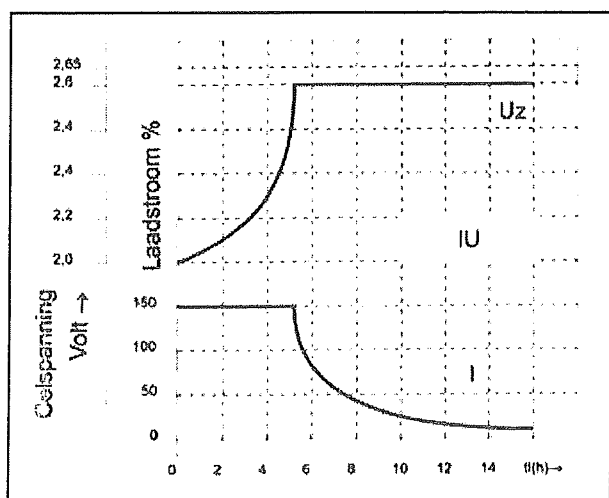
### WU-karakteristiek

Dergelijke apparaten laden door middel van een voorschakelweerstand en dus met afnemende stroom die afhankelijk is van de celspanning. Als de gasspanning wordt bereikt, schakelt het apparaat over naar vast ingestelde stroom, die onbeperkt blijft gehandhaafd. De laadstroom bedraagt veelal een aantal honderden mA. Dit is de enige echte "druppellader". Minder geschikt voor mobiel gebruik, omdat

het apparaat niet onbeperkt aangesloten mag blijven. De continu aanwezige restlaadstroom kan de accu's op den duur beschadigen. De laadkarakteristiek van dit soort laders is weergegeven in figuur 3/8.10.16-13.




Figuur 3/8.10.16-13: De laadkarakteristiek van WU-laders.



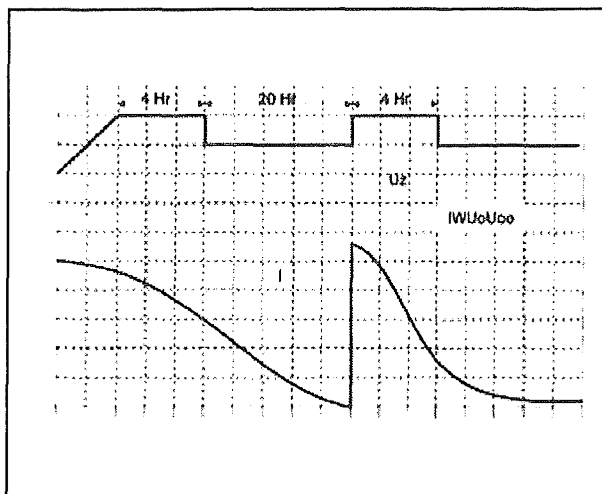

Figuur 3/8.10.16-14: De laadkarakteristiek van IU-laders.

### IU-karakteristiek

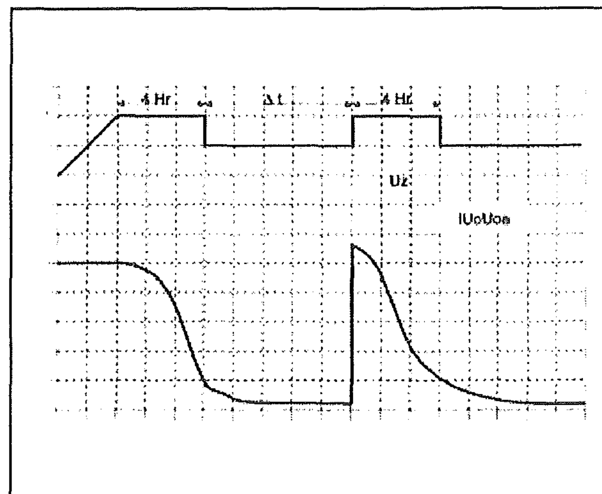
Een lader met constante laadstroom totdat de gasspanning wordt bereikt. Dan treedt automatische spanningsbegrenzing in werking. Het gevolg is dat zeer snel een gedeeltelijke lading wordt bereikt, maar dat de volledige lading langer duurt. Bij normale laadtijden is nauwelijks overlading mogelijk. Parallel laden van accu's is mogelijk. Het typerende van IU-lading is dat de laadstroom bij het bereiken van de regelspanning vrij sterk terugloopt. Als de accu geheel vol is, zal deze laadstroom zo klein zijn geworden dat hij niet meer schadelijk is. Uitschakeling hoeft dan niet direct te geschieden. Onbeperkt aangesloten laten is ook hier niet aan te bevelen. Dergelijke acculaders worden wel eens "tweede generatie automatische acculaders" genoemd. De laadkarakteristiek van dit soort laders is weergegeven in figuur 3/8.10.16-14.

### IWUoUoe-karakteristiek

Deze laders laden met een maximum stroom totdat een ingestelde spanning wordt bereikt. Tijdens het maximum stroom laden kan echter nog een beïnvloeding van de laadstroom geschieden op grond van een aantal factoren, zoals de temperatuur en dimensionering van het laadapparaat, de voedingsspanning, etc. Dan gedraagt de lader zich onmerkbaar als W-lader. Na het bereiken van de instelspanning van de eerste spanningstrap gaat een timer lopen. Tijdens de loop van deze timer wordt de spanning constant gehouden, waardoor de laadstroom afneemt. Na verloop van een ingestelde tijd (bijvoorbeeld 4 uur) wordt een lagere onderhoudsspanning afgeregeld en loopt de timer weer bijvoorbeeld 20 uur door. Vervolgens gaat de instelspanning weer naar de waarde van de eerste trap gedurende 4 uur, enz. Deze laders vormen de "derde generatie automatische acculaders".




Figuur 3/8.10.16-15: De laadkarakteristiek van IWUoUoe-laders.




Figuur 3/8.10.16-16: De laadkarakteristiek van IUoUoe-laders.

Ze zijn zeer geschikt voor gebruik aan boord en kunnen onbeperkt met de accu's verbonden blijven. De laadkarakteristiek van dit soort laders is weergegeven in figuur 3/8.10.16-15.

**IUoUoe-karakteristiek**

Deze karakteristiek lijkt op de vorige, maar de eerste laadstap is een zuivere maximum stroomstap. Na het bereiken van de instelspanning wordt een constante spanning gehandhaafd gedurende een bepaalde tijd, waarbij de laadstroom afhankelijk van de laadtoestand van de accu afneemt. Na de ingestelde tijd van bijvoorbeeld 4 uur wordt een lagere onderhoudsspanning aangehouden gedurende meerdere uren of permanent, totdat het nodig is om de spanning te verhogen. Dergelijke laders worden meestal gestuurd door middel van een microprocessorsturing. Deze acculaders worden "de vierde generatie acculaders" genoemd. Ze zijn uitermate geschikt voor gebruik in campers en boten en verbruiken over het algemeen minder energie dan de IWUoUoe-laders. De laadkarakteristiek van dit soort laders is weergegeven in figuur 3/8.10.16-16.

**Temperatuurgecompenseerde acculaders**

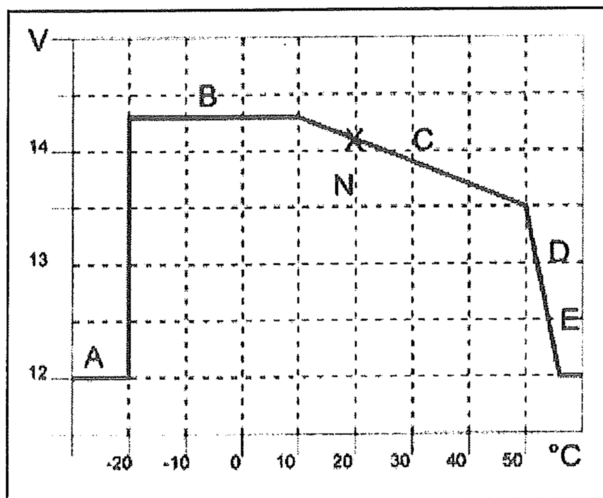
Zeer moderne acculaders zijn voorzien van temperatuurcompensatie. Dit houdt in dat de acculader de laadspanning aanpast aan de accutemperatuur. Hiertoe wordt een temperatuursensor op de accu gemonteerd. Een koude accu mag namelijk met een hogere laadspanning geladen worden dan een warme accu, omdat de gasspanning daalt bij hogere temperaturen.

De referentielaadspanning bedraagt 14,25 V bij 20 °C accutemperatuur. Deze laders werken als volgt.

- Te lage accutemperatuur:
  Onder een accutemperatuur van -20 °C werkt de lader als gelijkrichter en levert dan ook 12 V uitgangsspanning om te voorkomen dat de accu bevriest.
- Accutemperaturen tussen -20 °C en +10 °C:
  De lader laadt met een maximale laadspanning van 14,5 V. Deze uitgangsspanning wordt niet hoger omdat bij hogere spanningen problemen gaan ontstaan met de aangesloten apparatuur.

- Accutemperaturen tussen +10 °C en +50 °C:
  In dit temperatuurgebied is de uitgangsspanning direct afhankelijk van de temperatuursensor die de accutemperatuur meet. Hierbij neemt de uitgangsspanning van de lader evenredig met de stijgende accutemperatuur af met 30 mV/°C (5 mV/°C per cel).
- Te hoge accutemperatuur:
  Boven +40 °C neemt de laadspanning snel af en bij 51 °C werkt de lader alleen nog maar als gelijkrichter, met een uitgangsspanning van 12 V.

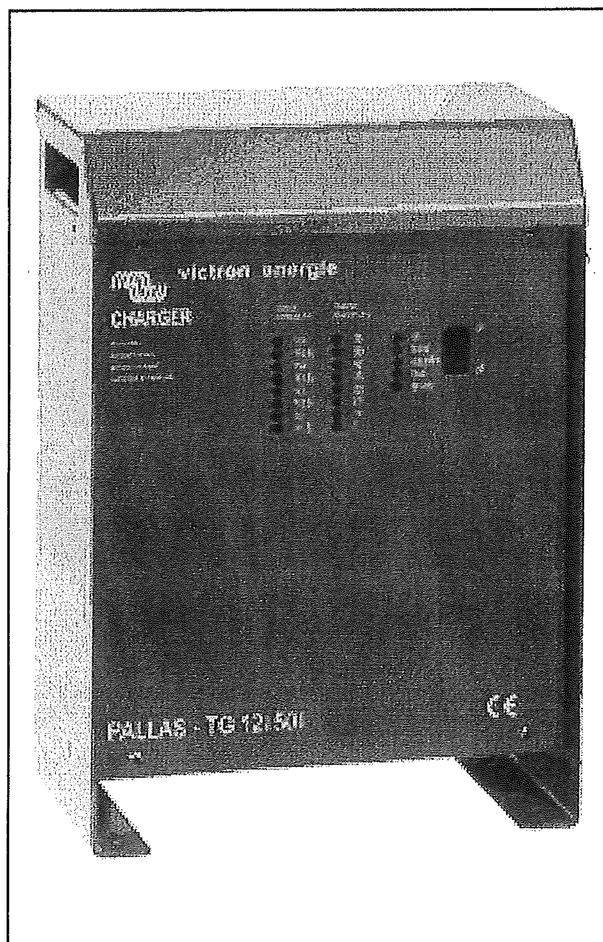
Dit temperatuursafhankelijke gedrag van deze acculaders is grafisch samengevat in figuur 3/8.10.16-17.




Figuur 3/8.10.16-17: Het gedrag van een temperatuurgecompenseerde acculader in functie van de accutemperatuur.

## Marktverkenning

In de volgende paragrafen wordt een paar merken van professionele acculaders beschreven. Uiteraard lijken deze apparaten in niets op de kleine ladertjes die voor een paar tientjes in iedere accessoirehandel te koop zijn. Deze zijn goed als men gemiddeld één keer per jaar de auto-accu eens moet bijladen, maar absoluut niet geschikt voor het zware werk bij het dagelijks bijladen van de camper, boot of caravan accu's.




Figuur 3/8.10.16-18: Een type uit de Pallas TG reeks acculaders.

## De Pallas acculaders

De PALLAS serie acculaders van Victron bevat een complete range professionele acculaders die erg populair is in de mobiele markt. In garages, politie- en brandweervoertuigen maar ook in de plezier-vaart hebben deze laders een echt kwaliteitsimago opgebouwd. De uitgebreide instelmogelijkheden maken deze acculaders tot een "must" voor iedereen die een goede doch betaalbare acculader zoekt.

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper

| Skylla chargers | 24/15 | 24/25 TG | 24/25 110 Vac TG | 24/50 TG | 24/75 TG | 24/100 TG | 24/100 3-fase |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Input voltage (V AC) | 230 | 230 | 110 | 230 | 230 | 230 | 3x380 1) |
| Input voltage range V AC) | 185-264 | 185-264 | 94-132 | 185-264 | 185-264 | 185-264 | 342-418 |
| Frequency (Hz) | 47-63 | 45-65 | 45-65 | 45-65 | 45-65 | 45-65 | 47-63 |
| Power factor | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | - |
| Charge voltage "boost" (V DC) | 28,50 | 28,50 | 28,50 | 28,50 | 28,50 | 28,50 | 28,50 |
| Charge voltage "float" | 26,50 | 26,50 | 26,50 | 26,50 | 26,50 | 26,50 | 26,50 |
| Charge current for assessory battery (A) | 15 | 25 | 25 | 50 | 75 | 100 | 100 |
| Charge current for starter battery (A) | - | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | - |
| Charge characteristic | IUoU | IUoUo | IUoUo | IUoUo | IUoUo | IUoUo | IUoUo |
| Battery capacity (Ah) | 75-150 | 125-250 | 125-250 | 250-500 | 375-750 | 500-1000 | 500-1000 |
| Forced cooling | yes | yes | yes | yes | yes | yes | yes |
| | a,b,c,d,e,,g | a,b,c,d,e, f,g | a,b,c,d,e, f,g | a,b,c,d,e,f,g | a,b,c,d,e,f,g | a,b,c,d,e,f,g | c,d,f,g |
| | yes | yes | yes | yes | yes | yes | yes |
| Protections | yes | yes | yes | yes | yes | yes | yes |
| Housing:material aluminium | M6 screws | M8 screws | M8 screws | M8 screws | M8 screws | M8screws | M8 screws |
| 230 V AC connection | screw clamp 2,5mm 2) | screw clamp 2,5mm 2) | screw clamp2,5mm 2) | screw clamp2,5mm 2) | screwclamp2,5mm 2) | screwclamp 2,5mm 2) | screwclamp 4,0mm 2) |
| Protection category | IP 21 | IP 21 | IP 21 | IP 21 | IP 21 | IP 21 | IP 20 |
| Weight (kg) | 2,8 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 11,5 | 11,5 | 42 |
| Dimensions (hxbxd in mm) | 283x200x88 | 365x250x140 | 365x250x140 | 365x250x140 | 365x250x250 | 365x250x250 | 490x350x280 |

**Figuur 3/8.10.16-19:** De specificaties van de Skylla acculaders.

Uit figuur 3/8.10.16-18 volgt de robuuste bouw van deze apparaten.
De uitgang van de laders is extreem stabiel en heeft een zeer kleine rimpel. Hierdoor kan de lader probleemloos als voeding worden toegepast. Naast de standaard laders levert Victron ook de zogenoemde Pallas TG laders. Deze acculaders zijn zeer compact gebouwd en laag van gewicht door toepassing van hoogfrequent technologie. Ook deze laders zijn als voeding toe te passen en hebben een rimpel op de uitgang die kleiner is dan 3 %.

### De Skylla acculaders

De Skylla laders beschikken over een van de meest verfijnde laadkarakteristieken die er bestaan. Hierdoor wordt een optimale lading gewaarborgd. Deze acculaders zijn ondergebracht in een zeer robuuste en compacte alumininium behuizing.
Ook dit merk levert TG-laders die gebruik maken van HF-technologie. De laadspanning van de TG-laders kan nauwkeurig worden ingesteld. Elke TG-lader heeft een microprocessor die het laden nauwkeurig in drie stappen regelt. Het laadproces verloopt volgens de IUoUo-karakteristiek en laadt sneller dan andere laadprocessen. In speciale situaties kan deze karakteristiek zelfs worden aangepast aan de accu. Door de perfect gestabiliseerde uitgangsspanning kan een Skylla TG-lader

gebruikt worden als voeding bij het ontbreken van accu's of grote buffercondensatoren. Hierdoor ontstaat een absolute kwaliteitsvoeding voor een uiterst scherpe prijs.
Om spanningsverlies door kabelweerstand te compenseren zijn de TG-laders voorzien van "voltage sense" ingangen, zodat de accu altijd de juiste laadspanning krijgt. Hierdoor wordt het mogelijk om de lader ook wat verder van de accu's vandaan te monteren zonder dat dit een goede werking in de weg staat. Bij de TG-laders wordt een temperatuursensor meegeleverd om op de accu te monteren. Hierdoor neemt bij een stijgende temperatuur de laadspanning af. Dit garandeert een maximaal geladen accu en een veilig verloop van het laadproces onder alle temperatuursomstandigheden, met als resultaat een langere levensduur van de accu. De 24 Volt TG-laders hebben een tweede uitgang voor het laden van start accu's. Deze volledig gescheiden uitgang kan 4 A leveren.
In de tabel van figuur 3/8.10.16-19 wordt een overzicht gegeven van de specificaties van de leverbare Skylla acculaders.

### De Titan acculaders

De Titan serie is een lader/voeding welke met name in de telecommunicatie veelvuldig wordt toegepast. In dit soort systemen wordt vaak een Titan ingezet om de accu's van het 48 V noodstroom systeem te onderhouden. De beide LED-schalen maken het mogelijk om daar waar verschillende systemen parallel draaien, in één oogopslag afwijkingen te constateren. Vanwege zijn compacte afmetingen zijn deze acculaders overal eenvoudig te monteren. Ook bij deze laders wordt gewerkt met HF-technologie. De Titan's worden standaard geleverd met een IUoUo-laadkarakteristiek, maar deze is eenvoudig aan te passen aan het gebruikte accusysteem. Ook de nalaadtijd inclusief spanningswaarde kan men instellen.
In de tabel van figuur 3/8.10.16-20 wordt een overzicht gegeven van de specificaties van deze TG-laders.

| TITAN TG chargers | 48/25 TG | 48/50 TG |
|---|---|---|
| Input voltage (V AC) | 230 | 230 |
| Input voltage range V AC) | 185-264 | 185-264 |
| Frequency (Hz) | 45-65 | 45-65 |
| Power factor | 1,0 | 1,0 |
| Charge voltage "boost" (V DC) | 57,00 | 57,00 |
| Charge voltage "float" (V DC) | 53,00 | 53,00 |
| Charge current for assessory battery (A) | 25 | 50 |
| Charge current for starter battery (A) | - | - |
| Charge characteristic | IUoUo | IUoUo |
| Battery capacity (Ah) | 125-250 | 250-500 |
| Forced cooling | yes | yes |
| Protections 2) | a,b,c,d,e,f,g | a,b,c,d,e,f,g |
| Housing:material aluminium | yes | yes |
| Housing:colour RAL 5012 blue | yes | yes |
| Battery connection | M8 screws | M8 screws |
| 230 V AC connection | screw clamp 2.5mm 2) | screw clamp 2.5mm 2) |
| Protection category | IP 21 | IP 21 |
| Weight (kg) | 5,5 | 11,5 |
| Dimensions (hxbxd in mm) (excluding | 365x250x140 | 365x250x250 |
| approximately 7mm spacers) | | |
| Option | | |
| charger output panel | yes | yes |
| charger mode panel | yes | yes |
| charger switch panel | yes | yes |
| battery alarm panel | no | no |
| temperature sensor | standard | standard |
| to be used as supply | yes | yes |

**Figuur 3/8.10.16-20:** Specificaties van de TG-laders van Titan.

# Omvormers

### Inleiding

Hoewel goede accu's en een professionele acculader de basis van een betrouwbare mobiele energievoorziening vormen, mag het belang van een even professionele omvormer niet uit het oog worden verloren.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

| Atlas mini | 12/100 | 24/100 | 12/200 | 24/200 |
|---|---|---|---|---|
| Uitgang | | | | |
| Vermogen continu | 100 W | 100 W | 180 W | 180 W |
| Vermogen 30 minuten | 110 W | 110 W | 200 W | 200 W |
| Piekvermogen | 150 W | 150 W | 300 W | 300 W |
| Uitgangsspanning | 230 Vac RMS | 230 Vac RMS | 230 Vac RMS | 230 Vac RMS |
| Frequentie | 50 Hz | 50 Hz | 50 Hz | 50 Hz |
| Vorm uitgangsspanning | modified sinus | modified sinus | modified sinus | modified sinus |
| Ingang | | | | |
| Ingangsspanning bereik | 10-16,5 Vdc | 20-30,5 Vdc | 10-16,5 Vdc | 20-30,5 Vdc |
| Max. rendement | 92% | 92% | 92% | 92% |
| Nullast stroom | 0,1 A | 0,1 A | 0,2 A | 0,2 A |
| Accu-spanningsalarm bij | 10,7 V | 21 V | 10,7 V | 21 V |
| Uitschakelspanning | 10 V | 20 V | 10 V | 20 V |
| Afmetingen (hxbxl) | 125x96x35 mm | 125x96x35 mm | 182x105x60 mm | 182x105x60 mm |
| Gewicht | 530 gram | 530 gram | 1100 gram | 1100 gram |

**Figuur 3/8.10.16-21:** De specificaties van de vier Atlas Lite Duty omvormers.

Immers, de meeste apparatuur in boot, camper en caravan werkt op 230 V wisselspanning en alleen goede omvormers zijn in staat uit de 12 V of 24 V gelijkspanning die door de accu's wordt geleverd een stabiele en betrouwbare wisselspanning af te leiden.

**Het vermogen van de omvormer**

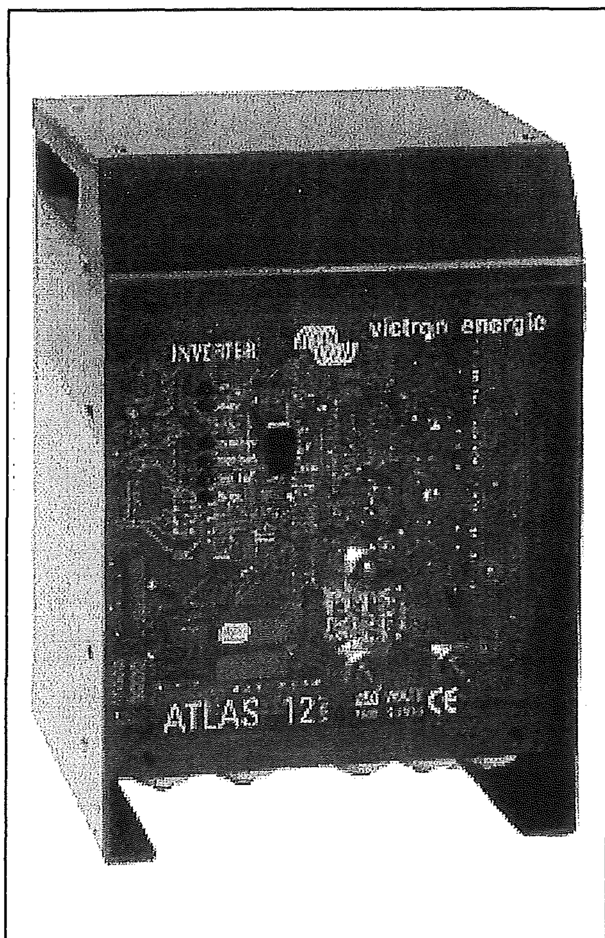
Omvormers zijn dure apparaten en het is dus van groot belang te bepalen welk vermogen met in de praktijk nodig heeft. Belangrijk hierbij is vast te stellen welke apparaten veelvuldig en op welk tijdstip wordt gebruikt. 's Avonds zal er vaak meer vermogen van de omvormer gevraagd worden dan overdag. Men moet uitgaan van het vermogen dat tijdens piekuren geleverd moet worden.
Als voorbeeld wat apparaten met hun belastingen:

- koelkast, gemiddeld vermogen 200 W;
- kleuren TV, gemiddeld vermogen 75 W;
- stereoset, gemiddeld vermogen 45 W;
- verlichting, gemiddeld vermogen 100 W;
- totaal benodigd omvormervermogen: 420 W.

Verbruikers die korte tijd worden gebruikt zijn ook bepalend voor het omvormervermogen, bijvoorbeeld:

- stofzuiger ca. 15 minuten 700 W;
- mixer ca. 10 minuten 50 W.

Dit betekent dat in bovenstaand voorbeeld een omvormer van 850 W gekozen kan worden.
Daarnaast zijn ook andere factoren dan het geïnstalleerd vermogen bepalend voor de keuze van een omvormer. Een compressorkoelkast kan men bijvoorbeeld niet starten met een omvormer die minder vermogen levert dan 600 W. Hetzelfde verhaal geldt voor de in wezen kleine elektromotoren die in waterpompen zitten. Een waterpomp van 200 W vergt een omvormervermogen van 1.200 W bij het opstarten!




Figuur 3/8.10.16-22: De professioneel uitgevoerde Atlas Heavy Duty omvormers.

### Typebeschrijving

Ook nu wordt een overzicht gegeven van de bekendste professionele merken. Hierbij geldt hetzelfde verhaal als bij de acculaders.

Deze apparaten zijn noch wat betreft hun specificaties, noch wat betreft hun betrouwbaarheid, maar ook niet wat betreft hun prijzen te vergelijken met de kleine apparaatjes die in doe-het-zelf winkels te koop zijn!

### De Atlas Lite Duty serie

Deze zeer compacte omvormers zijn met name bedoeld om in een auto, gevoed vanuit de 12 V of 24 V sigarettenaansteker, 230 V wisselspanning te maken. Met een vermogen van 100 W en 200 W kan men deze omvormers gebruiken om bijvoorbeeld een laptop computer van spanning te voorzien. Deze omvormers leveren een trapeziumvormige uitgangsspanning. Door gebruik te maken van zeer geavanceerde elektronica zijn deze omvormers uiterst handzaam: het grootste model weegt slechts 1,1 kg!
In de tabel van figuur 3/8.10.16-21 wordt een overzicht gegeven van de specificaties van de vier leverbare modellen.

### De Atlas Heavy Duty omvormers

Inmiddels zijn wereldwijd meer dan 120.000 Atlas Heavy Duty omvormers geïnstalleerd. Deze apparaten zijn bij uitstek geschikt voor het zware werk in bijvoorbeeld touringcar's en grote campers. Het principe van deze omvormers is eenvoudig. De 12 V, 24 V of 48 V uit elk type accu wordt in een stabiele 230 V wisselspanning omgevormd. De Atlas Heavy Duty omvormers zijn in twee reeksen leverbaar met uitgangsvermogens van 850 W tot en met 3.500 W. De elektronica is ondergebracht in een zware metalen behuizing, zie figuur 3/8.10.16-22. In de tabellen van de figuren 3/8.10.16-23 en -24 wordt een overzicht gegeven van de specificaties van deze omvormers.

### De Phoenix sinusomvormers

De Phoenix sinusomvormers zijn de meest geavanceerde omvormers die in boot, caravan of camper kunnen worden toegepast.
Nieuw zijn de Phoenix 12/150, 12/225 en 12/450 respectievelijk 24/150, 24/275 en 24/600. Deze zeer compacte sinusomvormers luiden een nieuw tijdperk in van de nieuwste technologie.

*(wordt vervolgd)*

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

| Atlas omvormers | 12/850 | 12/1600 | 24/2500 |
|---|---|---|---|
| Input voltage (V DC) | 12 | 12 | 24 |
| Input voltage range (V DC) | 10,0-17,5 | 10,0-17,5 | 18,0-33,0 |
| Output voltage 5%(Vac) | 230 | 230 | 230 |
| Frequentie 1 (Hz) | 50 Hz | 50 Hz | 50 Hz |
| Continuous power P (W)at 40 C | 850 | 1600 | 2500 |
| P 30 (W) | 1200 | 1800 | 3000 |
| P maximum (W) | 1500 | 2500 | 7000 |
| Maximum efficientie (%) | 92 | 92 | 92 |
| Economy setting | ja | ja | ja |
| Zero-load (economy)power (W) | (3,3) | (4,4) | (7,2) |
| Forced cooling | ja | ja | ja |
| Beveiliging 2) | a,b,c,d,e,g | a,b,c,d,e,g | a,b,c,d,e,g |
| Housing | | | |
| materiaal aluminium | ja | ja | ja |
| color RAL 5012 blue | ja | ja | ja |
| Battery connection | M8 screws | M8 screws | M8 screws |
| 230 V AC connection | screw clamp 2.5mm 2 | screw clamp 2.5mm 2 | screw clamp 2.5mm 2 |
| Protection category | IP 21 | IP 21 | IP 21 |
| Gewicht (kg) | 10,0 | 11,4 | 27,6 |
| Afmetingen (hxbxd in mm) | 283x200x180 | 350x250x205 | 350x250x205 |

**Figuur 3/8.10.16-23:** Specificaties van de "lichte" uitvoeringen van de Atlas Heavy Duty omvormers.

Men is erin geslaagd een omvormer te ontwikkelen met een zuivere sinusvormige uitgangsspanning, een optimaal rendement en een zeer hoog piekvermogen. De Phoenix is ontwikkeld op basis van hoogfrequenttechniek. Een geavanceerde microprocessor zorgt er voor dat de spanning altijd en onder iedere belasting een zuivere sinusvorm behoudt. De meeste omvormers die worden verkocht hebben een blok- of trapeziumvormige spanning. De Phoenix-reeks is uitgebreid met nieuwe sinusomvormers die een aanzienlijk groter opstartvermogen hebben. Deze nieuwe omvormers zijn ideaal voor het gebruik van apparaten die een hoog opstartvermogen nodig hebben zoals ijskasten, vriezers en elektromotoren. Vroeger werd men in dergelijke situaties gedwongen een grotere en meestal duurdere omvormer te kiezen. De nieuwe compacte Phoenix 12/300 bijvoorbeeld is al geschikt voor een tafelmodel koelkast.

Als bewijs van de betrouwbaarheid van deze apparaten zij gesteld dat de Phoenix omvormers worden toegepast aan boord van treinen om het luchtventilatiesysteem in geval van stroomstoring te blijven voeden of om de reizigers in de eerste klas een notebook te laten gebruiken. De geleverde sinusvormige spanning garandeert een probleemloos functioneren van alle moderne geavanceerde apparatuur. De Phoenix omvormers kunnen door afstandsbedieningspanelen worden bediend. In de tabel van figuur 3/8.10.16-25 zijn de specificaties van deze serie omvormers samengevat.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

| atlas inverters | 24/3500 | 24/4500 | 48/850 | 48/1600 |
|---|---|---|---|---|
| input voltage (V DC) | 24 | 24 | 48 | 48 |
| input voltage range (V DC) | 18,0-32,2 | 18,0-32,2 | 37,0-67,5 | 37,0-67,5 |
| output voltage 5%(Vac) | 230 | 230 | 230 | 230 |
| frequentie 1 (Hz) | 50 Hz | 50 Hz | 50 Hz | 50 Hz |
| continuous power P (W)at 40 C | 3500 | 4500 | 850 | 1600 |
| p 30 (W) | 4200 | 5600 | 1000 | 1800 |
| p maximum (W) | 7000 | 9000 | 1500 | 3000 |
| maximum efficiency (%) | 92 | 92 | 92 | 94 |
| economy setting | yes | yes | yes | yes |
| zero-load (economy)power (W) | (4,0) | (6,1) | (6,2) | (7,8) |
| forced cooling | yes | yes | yes | yes |
| protections 2) | a,b,c,d,e,f,g | a,b,c,d,e,f,g | a,b,c,d,e,g | a,b,c,d,e,g |
| housing | | | | |
| material aluminium | ja | ja | ja | ja |
| color RAL 5012 blue | ja | ja | ja | ja |
| battery connection | m8 screws | m8 screws | m8 screws | m8 screws |
| 230 V AC connection | screw clamp 2.5mm 2 | screw clamp 2.5mm 2 | screw clamp 2.5mm 2 | screw clamp 2.5mm 2 |
| protection category | iP 21 | iP 21 | iP 21 | iP 21 |
| Gewicht (kg) | 26,6 | 26,8 | 10,9 | 14,5 |
| Afmetingen (hxbxd in mm) | 425x300x235 | 425x300x235 | 350x250x205 | 350x250x205 |
| (excluding approximately 7mm spacers) | | | | |
| opties | | | | |
| inverter control panel | ja | ja | ja | ja |
| AC outlet panel | ja | ja | ja | ja |
| battery alarm panel | ja | ja | nee | nee |

**Figuur 3/8.10.16-24:** Specificaties van de "zware" uitvoeringen van de Atlas Heavy Duty omvormers.

# Combi-apparatuur

## Inleiding

De elektronica van een acculader en een omvormer vertoont grote gelijkenissen. In een traditionele lader zit een zware trafo die de 230 V van het net omlaag transformeert. In een omvormer zit een zware trafo die de lage spanning van de accu omhoog transformeert. Zo zijn er nog meer dure onderdelen gemeenschappelijk. Het is dan ook niet verwonderlijk dat men op de idee is gekomen beide functies in één apparaat te verenigen. Dit noemt men "Combi's".

## De Atlas Combi

De Atlas Combi is een van de meest verkochte combi's die op de markt zijn. In de afgelopen 25 jaar zijn er maar liefst 14.000 stuks wereldwijd verkocht. Deze combinatie van omvormer, acculader en omschakelautomaat in één compacte behuizing wordt gebruikt in de scheepvaart en voor mobiele toepassingen waar zeer efficiënt met de ruimte moet worden omgegaan. Vanwege zijn vele mogelijkheden en zijn scherpe prijs is de Atlas Combi dé oplossing voor bijna ieder mobiel energieprobleem. De omvormer wordt automatisch uitgeschakeld zodra de net-, wal- of generatorspanning van 230 Vac aanwezig is.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

| Phoenix inverters | 12/150 | 12/225 | 12/450 | 12/500 | 12/750 | 12/1600 | 24/150 | 24/275 | 24/500 19"CE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Input voltage (V DC) | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 24 | 24 |
| Input voltage range (V DC) | 10,5-15,5 | 10,5-15,5 | 9,5-17,0 | 9,5-17,0 | 9,5-16,0 | 9,5-16,0 | 21-31 | 21-31 | 21-31 |
| Output voltage 5%4) (V AC) | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 |
| Frequency 0,2%5) (Hz) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Continuous power P (W) at 40 C | 150 | 225 | 450 | 500 | 750 | 1600 | 150 | 275 | 500 |
| P 30 (W) | 200 | 250 | 550 | 650 | 900 | 2500 | 200 | 300 | |
| P maximum (W) | 350 | 500 | 900 | 1350 | 1100 | 4500 | 400 | 600 | |
| maximum efficiency(%) | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 91 | 91 | |
| Economy setting | automatic | no | yes | yes | no | automatic | automatic | no | |
| Zero-load (economy) power (W) | 2,5 | 3,5 | (2,0) | (2,5) | 12 | 6 | 3 | 4,5 | |
| Forced cooling | yes | yes | yes | yes | yes | yes | yes | yes | |
| Protections 6) | a,b,d,i | a,b,c,d,h,i | a,b,c,,h,i | a,b,c,d,f,i | a,b,c,d,f,g,h,i | a,b,c,d,e,f,g,h,i | a,b,c,d,i | a,b,c,d,i | |
| Housing: material aluminium | yes | yes | yes | yes | yes | yes | yes | yes | |
| Housing color RAL 5012 blue | yes | yes | yes | yes | yes | yes | yes | yes | |
| Battery connection | 2) | 2) | 2) | M6 screws | M6 screws | M8 screws | 2) | 2) | |
| 230 V AC connection | IEC-320 | IEC-320 | Schuko | screw clamp 2.5mm 2) | screw clamp 2.5mm 2) | screw clamp 2.5mm 2) | IEC-320 | IEC-320 | |
| Protection category | IP 20 | IP 21 | IP 21 | IP 21 | IP 21 | IP 21 | IP20 | IP 21 | |

**Figuur 3/8.10.16-25:** De specificaties van de sinusomvormers van Phoenix.

De 230 Vac apparaten worden op dat moment voorzien van spanning door het net, de wal of generator. De lader laadt de accu's automatisch op.
Bij ontkoppeling van net-, wal- of generatorspanning neemt de omvormer in de combi de 230 Vac spanningsvoorziening van de apparaten automatisch over en de lader stopt met laden. De Atlas Combi is geschikt voor het laden van vele soorten accu's. Het laderdeel is voorzien van een extra laadstroomuitgang voor het onderhoudsladen van bijvoorbeeld een start accu. De Atlas Combi is uitermate bedrijfszeker door de vele ingebouwde beveiligingen.

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper

| Atlas Combi | 12/450/25 | 12/800 /30 | 12/1100/40 | 24/1800/25 |
|---|---|---|---|---|
| Omvormer | | | | |
| Ingangsspanning (V CD) | 12 | 12 | 12 | 24 |
| Ingangsspanning range (V DC) | 9,0-17,0 | 10,0-17,5 | 9,5-17,0 | 17,0-33,0 |
| Uitgangsspanning 5%(V AC) | 230 | 230 | 230 | 230 |
| Frequentie 1Hz 1) (Hz) | 50 | 50 | 50 | 50 |
| P continuous (W)at 40 C | 450 | 800 | 1100 | 1800 |
| P 30 (W) | 600 | 1000 | 1300 | 2000 |
| P Maximum (W) | 1000 | 1500 | 2000 | 3500 |
| Maximum rendement (%) | 90 | 91 | 90 | 92 |
| Economy setting | ja | ja | ja | ja |
| Zero-load (economy power)(W) | (2) | (2) | (5) | (7) |
| Lader | | | | |
| Ingangsspanning (V AC) | 230 | 230 | 230 | 230 |
| Ingangsspanning range (V AC) | 207-253 | 207-253 | 207-253 | 207-253 |
| Frequentie (Hz) | 48-62 | 48-62 | 48-62 | 48-62 |
| Power factor | 0,7 inductive | 0,7 inductive | 0,7 inductive | 0,7 inductive |
| Laadspanning (V DC) | 14,25 | 14,25 | 14,25 | 28,50 |
| Laadspanning (V DC) | 13,50 | 13,50 | 13,50 | 26,50 |
| Charge current for assessory battery (A) | 25 | 30 | 40 | 25 |
| Charge current for starter battery (A) | - | 4 | 2 | 2 |
| Charge characteristic | WUoUo | IUoUo | IUoUo | IUoUo |
| Battery capacity (Ah) | 125-250 | 150-300 | 200-400 | 125-250 |
| Forced cooling | nee | nee | ja | ja |
| Protection 2) | a to h incl. | a to h incl. | a to h incl. | a to h incl. |
| materiaal aluminium | ja | ja | ja | ja |
| kleur RAL 5012 blue | ja | ja | ja | ja |
| Battery connection | 10mm 2 screw cl. | M8 screws | M8 screws | M8 screws |
| 230 V AC connection WCD | screw clamp2.5mm 2) | screw clamp2.5mm 2) | screw clamp2.5mm 2) | screw clamp2.5mm 2) |
| Protection class | IP 21 | IP 21 | IP 21 | IP 21 |
| Gewicht (kg) | 11 | 16,5 | 22 | 22 |
| Afmetingen (hxbxd in mm) | 283x200x180 | 350x250x205 | 350x250x205 | 350x250x205 |

**Figuur 3/8.10.16-26:** Overzicht van de specificaties van de Atlas Combi's.

Bij kortsluiting en overbelasting wordt de stroom elektronisch begrensd. Als de temperatuur door overbelasting te hoog is, schakelt het apparaat automatisch uit. Is de overbelastingssituatie verholpen, dan schakelt de Atlas Combi automatisch weer in. De LED-indicatie op de voorzijde van de behuizing geeft aan wat de oorzaak van het uitschakelen is. Een temperatuursensor die als extra geleverd kan worden zorgt ervoor dat bij een te hoge of te lage accutemperatuur de laadspanning wordt bijgeregeld. Het apparaat is uitgevoerd met een economy stand (automatic energy switch), waardoor het eigen verbruik wordt geminimaliseerd indien geen ge-

bruikers zijn aangesloten. Zodra bijvoorbeeld een koelkast weer wil inschakelen wordt het vermogensdeel van de omvormer geactiveerd. De Atlas combi's zijn leverbaar in vermogens van 450 W tot 1.800 W vóór 12 V en voor 24 V systemen. De tabel van figuur 3/8.10.16-26 geeft een overzicht van de specificaties.

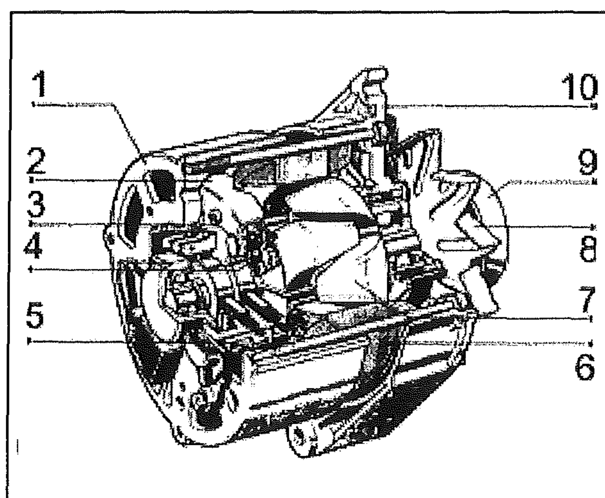
# Generatoren

### Inleiding

Met de combinatie accu-acculader-omvormer of accu-combi kan men in de meeste gevallen goed uit de voeten. Men treft immers wel steeds ergens een 230 V bron aan waarmee men de accu's weer kan laden. Wie helemaal zelfstandig wil worden vervangt de acculader door een generator. Zo'n apparaat bestaat uit de combinatie van een diesel- of benzinemotor en een dynamo. Vroeger waren dat zeer luidruchtige en stinkende apparaten, maar ook op dit gebied heeft de moderne technologie grote vorderingen geboekt. Soms kunnen deze moderne apparaten ook nog hun koelwater beschikbaar stellen voor het voeden van verwarmingselementen of beschikken zij over een warmtewisselaar, zodat er zelfs warm tapwater uit de kraan komt!

### De dynamo

Tegenwoordig wordt er vrijwel steeds gewerkt met wisselstroomdynamo's. Een dynamo die inwendig wisselspanning opwekt, die in de generatorbehuizing wordt gelijkgericht voor het laden van de accu's en het verzorgen van het boordnet.
De gelijkstroomdynamo's die men in het verleden gebruikte, wekten direct gelijkspanning op. Deze machines hadden het nadeel dat het vermogen was beperkt, omdat de laadstroom in zijn geheel via koolborstels de machine verliet. De moderne wisselstroomdynamo's hebben dat nadeel niet en kunnen worden geleverd voor grotere vermogens dan men met de gelijkstroommachines gewend was.
Een moderne wisselstroomdynamo levert vaak bij stationair toerental al 2/3 van zijn maximale stroom.
Het maximum vermogen wordt vaak bij 3.500 tot 4000 omw/min van de dynamo bereikt. Bij veel motoren is dat al bij 1.500 omw/min van de krukas. Courante dynamo's leveren vaak al 45 tot 100 A laadstroom. De samenstelling van een moderne wisselspanningsdynamo is getekend in figuur 3/8.10.16-27.




**Figuur 3/8.10.16-27:** De samenstelling van een moderne dynamo.

De wisselstroomdynamo heeft een draaiend gedeelte (de "rotor") dat met koolborstels in verbinding staat met de buitenwereld. De rotor krijgt een gelijkspanning toegevoerd, die in de rotorwikkeling een magneetveld opwekt. Aan weerszijden van de rotorspoel bevinden zich ijzeren klau-

wen, waartussen zich het magneetveld bevindt. In de omtrek van de rotor wisselt de richting van het veld. Door de wisselende richting van het rotorveld wordt in de vaste wikkelingen van de dynamo (de "stator") een wisselspanning opgewekt. Die wisselspanning wordt in het achterste gedeelte van de dynamo gelijkgericht met vermogensdioden. De regeling van de hoogte van de laadspanning vindt plaats met een veelal elektronische regelaar. Deze regelaar meet de waarde van de spanning en bepaalt of de koolborstels wel of geen spanning krijgen. De regelaar doet niets anders dan in- en uitschakelen. Het aantal malen in- en uitschakelen is afhankelijk van de belasting. Bij volle accu's kan het voorkomen dat de laadregelaar wel tienduizend maal per seconde schakelt.
Tijdens het draaien van de dynamo wordt een klein deel van de opgewekte stroom gelijkgericht in aparte dioden ten behoeve van de rotor-bekrachtiging (de "velddioden"). Bij het opstarten van de dynamo is die stroom voor de velddioden er niet en zal die van buiten moeten worden aangevoerd. Dat gebeurt via het contactslot en een lampje als weerstand, het "laadstroomcontrolelampje".
Bij het opstarten wordt via het laadstroomcontrolelampje energie toegevoegd aan de rotor van de dynamo. Als de dynamo een bepaald minimum toerental bereikt, zal er voldoende vermogen in de dynamo worden opgewekt om de energievoorziening van de koolborstels over te laten nemen door de velddioden. Het laadstroomcontrolelampje gaat dan uit omdat het aan weerszijden een nagenoeg gelijke spanning krijgt. Het laadstroomcontrolelampje moet een bepaald minimaal vermogen hebben om de juiste hoeveelheid energie voor de rotor te kunnen leveren. Een lampje van 2 tot 3 W is een minimum vereiste.

**Productoverzicht**
Er zijn diverse bekende merken die zeer goede en betrouwbare generatoren leveren.
Te denken valt aan onder andere:
- Zeisse;
- Lister Petter;
- SDMO;
- Onan.

Er bestaat echter ook minder bekende apparatuur, waarmee een nadere kennismaking zeer zeker de moeite waard is.

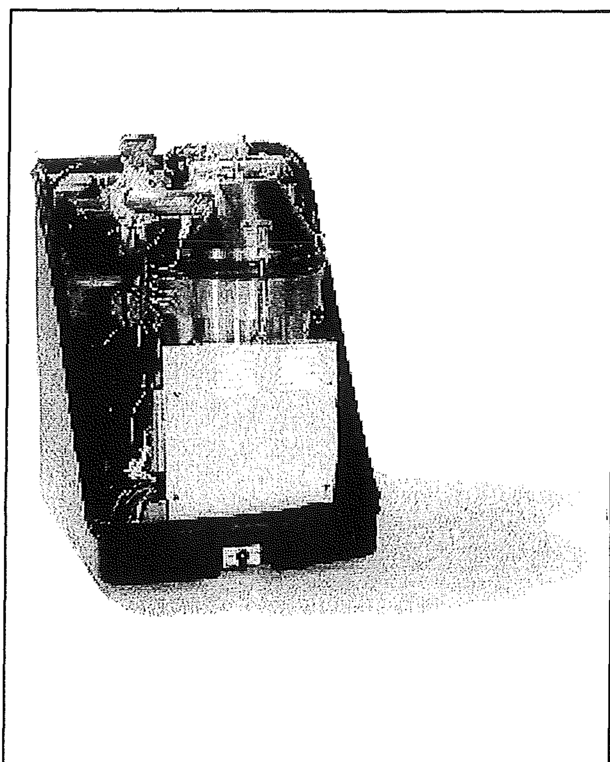
**De Camino generatoren**
De Camino serie wordt gekenmerkt door zijn uiterst lage geluidsniveau van 54 dBA en zijn compacte bouw. Deze generatorsets zijn leverbaar van 2 kW tot en met 21 kW en worden standaard uitgevoerd met:
- geluidgedempte zesdelige behuizing;
- watergekoelde dieselmotor en generator;
- warmte-afname mogelijkheid voor verwarming van boiler en verwarmingselementen;
- uitgebreid bedieningspaneel met vijf meter aansluitkabel;
- 12 V startinrichting;
- watergekoelde uitlaatpijp doorvoering in de behuizing;
- geluiddemper;
- radiatorkoeling inclusief ventilator en expansietank.

Alle aansluitingen op de generatorset zijn tot buiten de behuizing uitgevoerd, waardoor snelle montage gewaarborgd wordt. Als optie is een automatische startinrichting leverbaar. In de tabel van figuur 3/8.10.16-28 zijn de specificaties van de vijf kleinste modellen samengevat.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

| Typen | Camino 2* | Camino 4 | Camino 5 | Camino 8 | Camino 10 |
|---|---|---|---|---|---|
| Frequentie** | 50 Hz | 50 Hz | 50 Hz | 50 Hz | 50 Hz |
| Spanning** | 230 V | 230 V | 230-380 V | 220-380 V | 220-380 V |
| Vermogen kW | 1,7 | 3,0 | 4,0-4,2 | 5,4-6 | 7,2-8 |
| Stroom (Amp.) | 9 | 15 | 18,5 | 25-10 | 35-12,8 |
| Cos.Phi | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Warmte afgifte kW | ca. 3,5 | ca. 7,5 | ca. 7,5 | ca. 11 | ca. 14,5 |
| Omkasting 6-delig | Aluminium | Aluminium | Staal | Aluminium | Aluminium |
| Toerental omw./min. | 2600/3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| Geluidsniveau**** dBA | 51 | 53 | 53 | 53 | 53 |
| Motor Fabr. | Kubota | Faryman | Kubota | Kubota | Deutz |
| Motor Typen | EB 200 | 18 W | EB 300 Z | 482-B | F2M-1008 |
| Aantal cilinders | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Afmetingen (lxbxh)*** | 500x400x430 | 510x380x490 | 830x430x380 | 600x450x560 | 719x545x620 |
| Gewicht (kg) | 105 | 125 | 195 | 215 | 260 |

**Figuur 3/8.10.16-28:** De specificaties van de vijf kleinste Camino generatoren.



**Figuur 3/8.10.16-29:** De WhisperGen.

**De WhisperGen generator**

Zoals de naam reeds doet vermoeden is dit een generator die zich onderscheidt door zijn extreem lage geluidsbelasting. Met de WhisperGen wordt een muisstille en volledig automatisch werkende warmtekracht/elektriciteit-centrale geleverd die slechts 90 kg weegt en maar 45x50x65 cm groot is, zie figuur 3/8.10.16-29.

De WhisperGen levert warm tapwater, centrale verwarming en laadt accu's. De laadcapaciteit bedraagt 1.500 Ah bij 12 V of 750 Ah bij 24 V per etmaal. Dit is de doorsnee energiebehoefte van een moderne woning of een jacht bemand door 4 tot 8 personen, er van uitgaande dat er elektrisch gekookt wordt. De geleverde stroom en warmte zijn voldoende om een gezin aan boord van een jacht volledig self-supporting te maken. De WhisperGen kan geheel onbemand werken.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

| Technische Specificaties | WhisperGen |
|---|---|
| Aandrijfeenheid: | Stirling Motor |
| Warmtevermogen: | 6 kW |
| Elektrisch vermogen: | 750Watt |
| Nominale Uitgangsspanning: | 12Volt of 24Volt |
| Acculaad capaciteit: | 1500Ah / 12V of 750Ah / 24V per etmaal |
| Geluidsniveau: | 44dBA |
| Minimum accucapaciteit: | 200Ah / 12V of 100Ah / 24V |
| Brandstof: | Dieselolie (LPG of aardgas op aanvraag) |
| Brandstofverbruik: | 0,7 liter per uur bij vollast |
| Uitlaat: | 70°C en droog |
| Koelsysteem bij toepassing aan boord van schepen: | Automatische buitenwaterkoeling bij een overschot aan warmte |
| Koelsysteem bij toepassing aan land: | Extra warmtewisselaar benodigd in geval van een overschot aan warmte |
| Afmetingen in mm: | 450x500x650 (bxdxh) |
| Gewicht: | 90 kg |
| Acculader: | 3 traps: bulk - boost - float |
| Microprocessor besturing: | acculaadsysteem |
| | aansturing door ruimte thermostaat |
| | aansturing door boiler thermostaat |
| | tijdklok |
| Bediening: | separaat bedieningspaneel |
| Aansluitingen: | Standaard water- en elektrische aansluitingen aan de achterzijde van de omkasting |

**Figuur 3/8.10.16-30:** De specificaties van de WhisperGen.

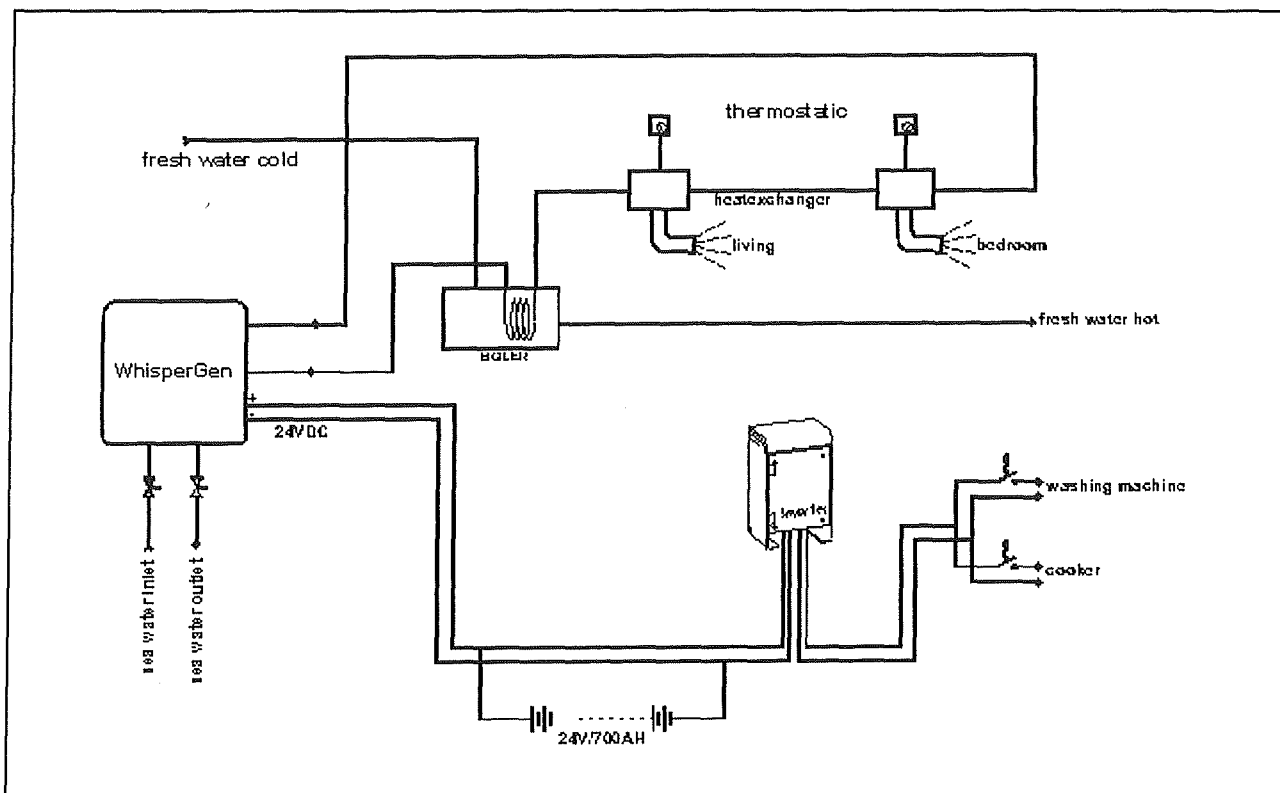
Een systeem voor bewaking en bediening op afstand is in ontwikkeling. In de tabel van figuur 3/8.10.16-30 wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste specificaties van dit apparaat. Eerste functie van de WhisperGen is het laden van de accu's met een vermogen van 750 W. De WhisperGen zal ten opzichte van een conventionele generator langer bezig zijn met het laden van de accu's, waardoor de accu's optimaal geladen worden en langer meegaan. De WhisperGen maakt geen geluid, geeft geen stank en hete uitlaatgassen en kan maanden achtereen 24 uur per dag draaien. Naast de 750 W elektrische energie levert de WhisperGen als tweede functie omgerekend 6.000 W warmte, voldoen de om een vaartuig tot 17 meter te verwarmen en de warmwaterboiler op temperatuur te houden. Een volledig energiesysteem, waarvan de WhisterGen het hart is, is getekend in figuur 3/8.10.16-31.

# Windgeneratoren

**Inleiding**

Windgeneratoren zijn in principe gelijkstroomgenerators. Ze bestaan uit een rotor en een stator, die in het vliegwiel zijn aangebracht. De rotor (het vliegwiel) bestaat uit permanente magneten. De stator bestaat uit windingen van gelakt koperdraad. Wanneer de rotor draait zal het magnetisch veld van de permanente magneten de statorwindingen snijden. Hierdoor zal de in de windingen een wisselstroom worden opgewekt.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**




**Figuur 3/8.10.16-31:** Een volledige energiesysteem rond de WhisperGen.

De grootte van deze stroom is afhankelijk van het toerental van de rotor en dus ook van de windsnelheid. De opgewekte wisselstroom wordt gelijkgericht door een in de windgenerator ingebouwde diodebrug. Door middel van twee koolborstels wordt de gelijkstroom naar het laadcircuit gevoerd.

**Aansluitsysteem**
Het typische aansluitschema van een windgenerator is voorgesteld in figuur 3/8.10.16-32. De minkabel van de windgenerator wordt direct op de negatieve pool van de accu aangesloten. De pluskabel van de generator gaat naar de ingang van de regelaar. De uitgang van de regelaar wordt aangesloten op de pluspool van de accu.

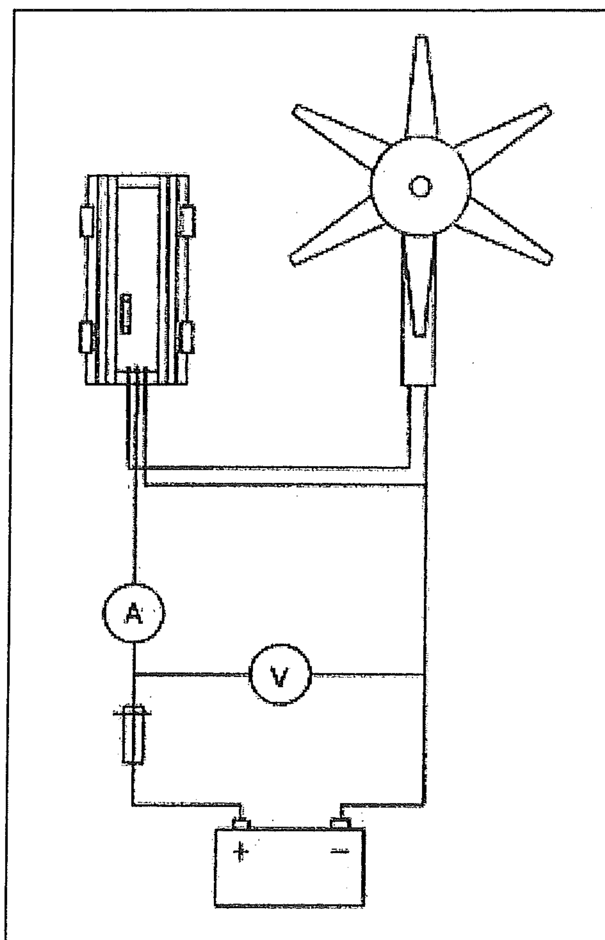
**De regelaar**
De shuntregelaar moet worden toegepast omdat de windgenerator permanente magneten heeft. Het is dus niet mogelijk de uitgangsspanning te sturen via veldstroom van de rotor zoals in normale wisselstroomgenerators. Wordt geen regelaar toegepast dan kan de spanning te hoog oplopen en kan de accu gaan gassen.
De toegepaste regelaar zal gaan werken als de spanning boven 13,5 V komt. Het teveel aan spanning en stroom dat door de windgenerator wordt geleverd zal dan door de regelaar als warmte worden gedissipeerd. De regelaar bevat een aantal grote vermogensweerstanden en moet op een koele plaats verticaal worden gemonteerd.

**De plaatsing van de windgenerator**
De windgenerator moet op een veilige plaats worden gemonteerd, minimaal 2,4 meter boven de grond en ver verwijderd van obstakels die de bladen of windvaan zouden kunnen raken.

# Zonnecellen

**Inleiding**
Steeds meer recreanten in de mobiele en maritieme sector maken gebruik van zonnepanelen voor de elektriciteitsvoorziening van bijvoorbeeld de caravan, camper, tuinhuisje of boot. Hierdoor wordt men bijvoorbeeld met een camper of caravan vrijwel onafhankelijk van netspanning of een aansluiting op de camping. Deze vorm van energiewinning is milieuvriendelijk. Naast de warmwatercollectoren, bestaan er fotovoltaïsche panelen die licht rechtstreeks omzetten in elektrische energie. Is er geen aansluiting op het elektriciteitsnet mogelijk, dan kan door de zon geleverde energie uitkomst brengen. Een fotovoltaïsch zonne-energiesysteem werkt meestal met een spanning van 12 of 24 V. Deze lage uitgangsspanning maakt het mogelijk dat de elektriciteit rechtstreeks in de accu's kan worden opgeslagen. De accu moet echter beschermd worden tegen overlading en de zonnecellen tegen inverse polarisering. Het laad- en ontlaadproces moet daarom zeer nauwkeurig geregeld worden. Elektronische apparatuur brengt die regeling tot stand.

**De zonnecel**
Een zonnecel zet licht om in electriciteit. Onder invloed van de energie in het zonlicht komen er electronen vrij. In zo'n zonnecel zitten twee electrisch bewerkte laagjes silicium, een negatieve en positieve laag. Als daar licht op valt, krijgt de ene laag een negatieve en de andere een positieve lading.



**Figuur 3/8.10.16-32:** Het aansluitschema van een windgenerator.

Door nu een externe verbinding tussen beide lagen te maken gaan de electronen stromen en ontstaat er electriciteit. Zonnepanelen zijn opgebouwd uit meerdere cellen, die elk ongeveer een spanning van 0,5 V leveren. Om effectief te kunnen laden moet de uitgangsspanning uiteraard hoger zijn dan de accuspanning.

**8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper**

| Mono-kristallijn | I-5* | I-10* | I-22* | I-50* | I-55 | I-100* | I-110 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Piekvermogen (Pmax) | 5 W | 10 W | 22 W | 50 W | 55 W | 100 W | 110 W |
| Afmetingen (lxbxd) | 271x270x34 mm | 370x336x34 mm | 586x435x34 mm | 1302x338x34 mm | 1302x338x34 mm | 1310x652x34 mm | 1310x651x34 mm |
| Gewicht | 1,0 kg | 1,7 kg | 3,0 kg | 5,7 kg | 5,7 kg | 11 kg | 11 kg |
| TONC (ºC)** | 40 | 40 | 47 | 47 | 47 | 47 | 47 |
| Kortsluitstroom (Isc) | 0,408 A | 0,817 A | 1,64 A | 3,27 A | 3,38 A | 6,54 A | 6,76 A |
| Openklem spanning (Voc) | 19,2 V | 21,6 V | 21,6 V | 21,6 V | 21,6 V | 21,6 V | 21,6 V |
| Series-Paralelle Cellen | 32 1/8 | 36 1/4 | 36 1/2 | 36 | 36 | 36-2 | 36-2 |
| Stroomsterkte in maximaal vermogenspunt (Imp) | 0,322 A | 0,575 A | 1,26 A | 2,87 A | 3,16 A | 5,74 A | 6,32 A |
| Spanning in maximaal vermogenspunt (Vmp) | 15,5 V | 17,4 V | 17,4 V | 17,4 V | 17,4 V | 17,4 V | 17,4 V |

**Figuur 3/8.10.16-33:** De specificaties van monokristallijne zonnepanelen.

Om aan die vereiste spanning te komen worden meerdere cellen in serie geschakeld zodat een open spanning van ongeveer 20 V wordt verkregen. Eenmaal op een accu aangesloten zal de spanning niet boven de 15 V uitkomen.

**Soorten zonnecellen**

De cellen zijn in diverse uitvoeringen op de markt, waarvan de belangrijkste zijn:

- monokristallijne cellen, 0,0134 W/cm$^2$;
- multikristallijne cellen, opbrengst gemiddeld 0,011 W/cm$^2$;
- amorfe cellen, opbrengst gemiddeld 0,005 W/cm$^2$.

De nieuwste ontwikkeling is gebaseerd op een meervoudige laag van siliciumhoudend materiaal op een dunne RVS onderlaag. De cel samenstelling is afgesloten gelamineerd in een flexibele en duurzame waterbestendige polymeer film.

**Monokristallijne cellen**

Deze worden gemaakt van plakken silicium die uit een groot donkerblauw monokristal zijn gezaagd. Een traag en dus kostbaar proces. Gemiddeld wordt 12 tot 13 % van het invallend licht omgezet in stroom en dit is op dit moment de grootste opbrengst van alle bestaande zonnepanelen. Het zal dan ook geen verbazing wekken dat meestal van dergelijke panelen gebruik wordt gemaakt. In de tabel van figuur 3/8.10.16-33 zijn de specificaties van een aantal monokristallijne zonnepanelen samengevat.

**Amorfe cellen**

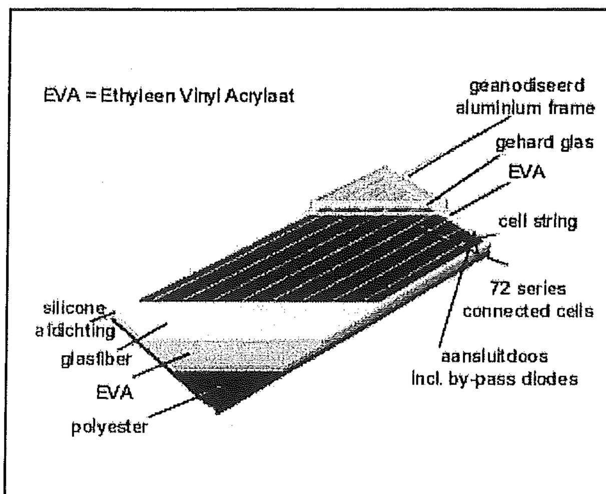
Hierbij wordt het silicium op een ander materiaal, de drager, opgedampt. Hierbij wordt slechts weinig silicium gebruikt en het produceren gaat snel. Dit is dus ook de goedkoopste soort zonnecel. Gemiddeld wordt echter slechts 2 tot 5 % van het invallend licht omgezet in stroom. Bovendien neemt het effect van deze cellen in de loop van de tijd af.

Ze zijn dus vooral geschikt voor eenvoudige toepassingen.

**Polykristallijne cellen**

Polykristallijne of semi-kristallijne cellen worden met behulp van een speciale giettechniek geproduceerd. Daarbij worden grote vierkante blokken silicium gevormd. Dat silicium bestaat uit vele kristallen. Van de vierkante blokken worden

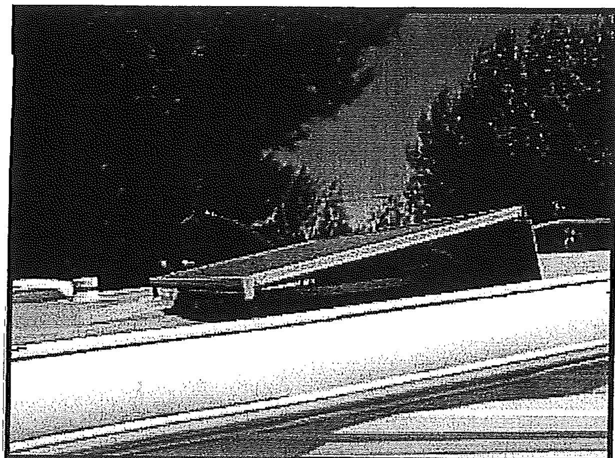
plakken gezaagd. Het gieten is een snel, eenvoudig en dus goedkoop proces. Gemiddeld wordt 10 tot 11 % van het invallend licht omgezet in stroom. In figuur 3/8.10.16-34 is de samenstelling van een polykristallijn zonnepaneel geschetst.




**Figuur 3/8.10.16-34:** De samenstelling van een polykristallijn zonnepaneel.

## Zonnepaneel plaatsing

De opbrengst van een zonnepaneel is afhankelijk van de opstelling van de zonnepanelen. Dat geldt dan zowel voor de richting als de hellingshoek van het paneel. De opbrengst is optimaal wanneer het paneel een hellingshoek heeft van 36° en gericht is op het zuiden. De opbrengst is dan 100 % van het haalbare, maar ook een andere oriëntatie levert nog voldoende op. Een puur oostelijke en een puur westelijke oriëntatie levert 85 % op, terwijl een vlakliggend paneel nog 87 % levert. Natuurlijk moet er wel voor gezorgd worden voor voldoende lichtinval, dus schaduwvrije plekken opzoeken.
Alle specificaties van de zonnepanelen zijn gebaseerd op direct zonlicht dat loodrecht op het paneel valt. Dit is gezien plaatsing op voertuigen en boten vrijwel onmogelijk. Ook wanneer het voertuig zal verdraaien ten opzichte van de zon en het paneel staat onder de optimale hoek van 36° zal zonlicht niet vaak loodrecht op het paneel vallen. De beste oplossing is de panelen vlak op het dak te monteren onder kleine hoek, zie figuur 3/8.10.16-35.



**Figuur 3/8.10.16-35:** De plaatsing van zonnepanelen op het dak van een camper.

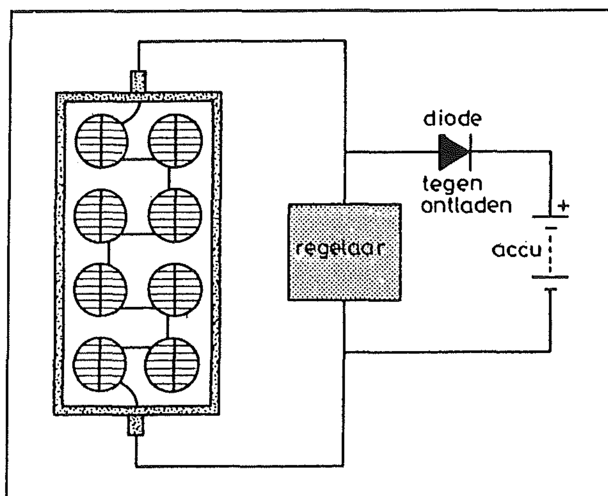
Ofschoon een zonnepaneel niet direct zonlicht nodig heeft om de maximale spanning te genereren is het toch belangrijk, afgezien van de niet ideale hoek, dat er geen schaduw over het paneel valt. Dit veroorzaakt vermindering van de opbrengst. Zelfs kleine schaduwvlekken kunnen tot gevolg hebben dat de opbrengst aanzienlijk gereduceerd wordt.
Monteer het zonnepaneel niet plat op het dak van de camper of caravan maar zorg voor enige ventilatie. Het kan buitengewoon heet worden direct onder het paneel, niet alleen vanwege het zonlicht maar ook vanwege de energie-omzetting.

## Capaciteit van een zonnepaneel

De capaciteit van een zonnepaneel wordt uitgedrukt in Ah en hangt af van de inten-

siteit van het zonlicht en de grootte van het paneel. Om zelf globaal een configuratie samen te stellen moet men de volgende stappen ondernemen:

- Bepaal het dagverbruik van alle electrische apparaten die op het zonne-energie systeem worden aangesloten.
- Reken dat verbruik om naar een aantal Ah per dag.
- Koop een zonnepaneel of zonnepanelen die 150 % van deze capaciteit kunnen leveren.




**Figuur 3/8.10.16-36:** De plaatsing van de blokkeerdiode in het systeem.

### De blokkeerdiode

Een zeer belangrijk onderdeel in iedere zonne-energie installatie is de zogenoemde blokkeerdiode. Overdag zal een zonnepaneel stroom afgeven onder invloed van zonlicht. Maar 's nachts wil de stroom van de accu naar het zonnepaneel lopen. Men moet dus altijd een blokkeerdiode tussen het paneel en de accu schakelen, die er voor zorgt dat er alleen stroom van paneel naar accu kan stromen. Deze diode is vaak in de kabel geplaatst of in het paneel zelf. Bij het ontwerp van het paneel is reeds rekening gehouden met het spanningsverlies van deze diode. In figuur 3/8.10.16-36 is schematisch weergegeven hoe de diode geplaatst moet worden.

### De regelaar

De regelaar zorgt ervoor dat de accu niet overladen wordt. He apparaat zorgt dat de spanning niet boven 14,1 V kan stijgen. Niet altijd is echter z'n regelaar noodzakelijk. Als algemene vuistregel kan men aanhouden: er is géén regelaar noodzakelijk als de opgegeven piekladstroom van de zonnepanelen in A niet meer is dan 1,5 % van de accucapaciteit in Ah. Een paneel dat maximaal 0,7 A geeft en aangesloten wordt op een 70 Ah accu behoeft geen regelaar. In alle andere gevallen MOET een regelaar worden ingeschakeld. Deze zijn tegenwoordig te kust en te keur leverbaar en kosten niet meer dan een paar honderd gulden, waarschijnlijk het goedkoopste onderdeel van de gehele installatie. Als voorbeeld geeft de tabel van figuur 3/8.10.16-37 een overzicht van de specificaties van acht regelaars die door Solarix geleverd worden.

# Brandstofcellen

### Inleiding

Voor de volledigheid wordt als laatste onderdeel iets verteld over brandstofcellen. Deze cellen zijn op dit moment nog veel te duur voor particulier gebruik, maar ingewijden verwachten dat deze situatie zich in de komende tien jaar dramatisch zal wijzigen.

### Principe

In een brandstofcel vindt de elektrochemische omzetting van een brandstof plaats, waarbij elektriciteit wordt geproduceerd. De cel heeft twee elektroden.

| Regelaars Solarix | Alpha | Zeta | Gamma | Jota | Sigma | Delta | Omega | Theta |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vermogen | Imax. solar 8A | Imax. solar 8A | Imax. solar 12A | Imax. solar 12A | Imax. solar 20A | Imax. solar 20A | Imax. solar 30A | Imax. solar 30A |
| Spanning | 12V en 24V | 12V en 24V | 12V en 24V | 12V en 24V | 12V en 24V | 12V en 24V | 12V en 24V | 12V en 24V |
| Uitlezing | LED display | LCD display | LED display | LCD display | LED display | LCD display | LED display | LCD display |

**Figuur 3/8.10.16-37:** Specificaties van de regelaars van Solarix.

Aan de anode wordt continu een gasvormige brandstof toegevoegd (waterstof), aan de kathode een oxidant (meestal zuurstof uit lucht). Aan de elektroden vindt de elektrochemische reactie plaats. Het spanningsverschil dat hierdoor ontstaat levert energie via de externe verbinding van de elektroden. De kringloop wordt gesloten door transport van ionen via het elektroliet.
Een enkele cel levert een spanning van ongeveer 0,7 V. Om een hoger vermogen te krijgen wordt een aantal cellen in serie geschakeld in een zogenaamde stack. Naast de stack is randapparatuur nodig om de cel te laten werken. Een brandstofprocessor zet vloeibare brandstof om in waterstof van voldoende zuiverheid. De processor kan los staan van de stack of erin worden geïntegreerd. Zwavel is taboe in de cel en wordt met absorberende filters verwijderd. Ook de ingaande lucht wordt gezuiverd met filters. Sommige typen stacks hebben waterkoeling nodig.

# Handige extra's

**Inleiding**
Tot slot van dit hoofdstuk worden nog twee handige hebbedingetjes besproken, die de energie-installatie voorzien van de "finishing touch".

**De accumonitor E-Xpert**
Deze gebruikersvriendelijke monitor is bedoeld om gebruikers van grotere accusystemen een goede indicatie te verstrekken omtrent de status van hun kostbare accu's. De E-Xpert 501 accumonitor toont naar keuze de accuspanning, de accustroom, het verbruikte aantal Ah, de resterende accucapaciteit en de "Time To Go". Deze laatste twee parameters zorgen ervoor dat men de resterende accucapaciteit kan aflezen. Een geavanceerd backlight LCD-schermpje toont duidelijk alle waarden. De hoeveelheid beschikbare energie in een accu definiëren is een moeilijke taak omdat de levensduur van de accu, de ontlaadstroom en de omgevingstemperatuur invloed hebben op de accucapaciteit. De E-Xpert 501 accumonitor is uitgerust met een geavanceerde microprocessor alsmede een zeer nauwkeurig meetsysteem om spanning, laad- en ontlaadstroom te kunnen meten. Tevens beschikt het systeem over software waarin complexe algoritmes worden toegepast om de exacte status van de accu te kunnen bepalen. Deze accumonitor is ontwikkeld in nauwe samenwerking met accufabrikanten en vele gebruikers.

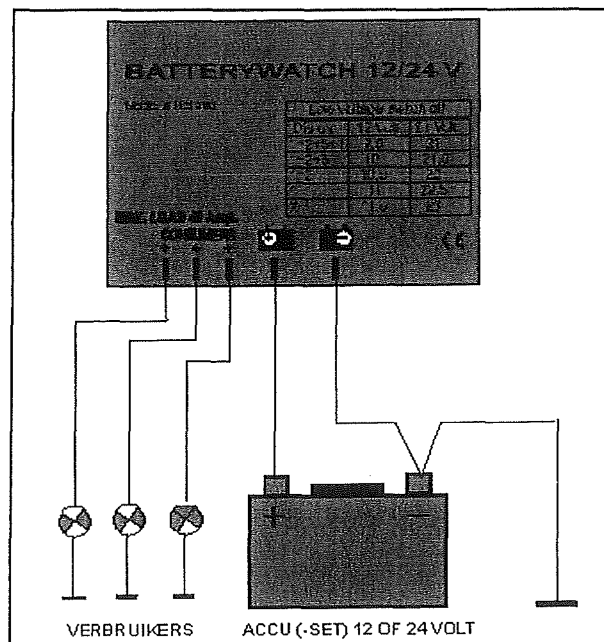



**Figuur 3/8.10.16-38:** de E-Xpert 501 accumonitor.

De specificaties van dit apparaatje kunnen als volgt worden samengevat:
- hoge precisie;
- "True Mathematical Battery Modelling";
- gemakkelijk te gebruiken;
- RS232 computerlink;
- potentiaalvrij alarmcontact aanwezig;
- accuspanning meetbereik: 8 - 35 V
- accustroom meetbereik: -500 tot +500 A
- capaciteit meetbereik: 0 tot 1.999 Ah

**De BatteryWatch**

Een accuwachter kan voorkomen dat de accu volledig ontladen wordt, doordat verbruikers permanent aan blijven staan. De accuwachter sluit de voeding voor verbruikers af als de ingestelde waarde van de minimale nog bruikbare accuspanning is bereikt. Verbruikers welke in het verleden vaak werden vergeten (bijvoorbeeld machinekamer verlichting) zullen van nu af aan geen schade meer aan de accu veroorzaken, omdat deze door de accuwachter voortijdig worden afgeschakeld. Het ingebouwde relais kan maximaal 40 A aan verbruikersstroom schakelen. Wanneer de onderspanning is opgeheven schakelt het relais weer in. Als het relais is ingeschakeld zal de statusindicatie met behulp van een LED gaan branden. Het schakelen van het relais gebeurt vertraagd, zodat deze niet gevoelig is voor spanningsdips. Deze accuwachter is geschikt voor zowel 12 V als een 24 V accu's. De installatie is uiterst eenvoudig en wordt voorgesteld in figuur 3/8.10.16-39.




**Figuur 3/8.10.16-39:** De installatie van de BatteryWatch.

# Credits

Veel van de informatie die in dit hoofdstuk is verwerkt, werd ter beschikking gesteld door het bedrijf Top Systems, Post-

bus 1049, 2410 CA Bodegraven, telefoon 0172-65.07.37. Alle besproken apparatuur kan onder andere door dit bedrijf geleverd worden.

# 3/8.10.17

# Marmitek X-10, huisautomatisering via het 230 V~ net

## Inleiding

### Géén extra bedrading noodzakelijk!

In hoofdstuk 3/8.10.15 werd het domotica-systeem van Domotech beschreven. Een op zich prachtig systeem voor huisautomatisering, maar met één groot nadeel.
Er moet een complete RS-485 bus door het huis worden aangelegd. Dat betekent niet alleen extra kosten, maar een heleboel breekwerk in huis. In ieder huis is echter al een zeer fijnmazige "bus" aanwezig: het 230 V~ net. Waarom dan niet dit net gebruiken om commando's naar lampen, dimmers, schakelaars en motoren te versturen?

### Het Marmitek X-10 systeem

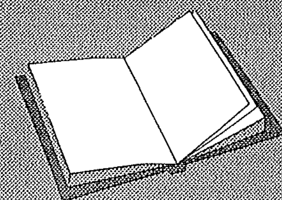
Dat is precies wat het Marmitek X-10 "Home Automation"-systeem doet. Marmitek X-10 bestuurt alarmsystemen, verlichting, elektrische apparaten, zonwering, thermostaten, audio- en videotoepassingen en dit alles via de normale bedrading van het 230 V net. Bovendien kan men het systeem uitbreiden met draadloze HF-besturingen, zodat de muren van kamers letterlijk wegvallen. In tegenstelling tot besturing via infrarood heeft hoogfrequent veel minder last van allerlei obstakels.

### De voordelen op een rijtje

Het Marmitek systeem heeft een aantal voordelen:

- maakt gebruik van de bestaande bedrading;
- aanvaardbare prijs;
- eenvoudig te installeren;
- voor eenvoudige toepassingen zijn geen intelligente units nodig waardoor het systeem goedkoop blijft;
- voor de veeleisende gebruiker zijn krachtige PC-interfaces beschikbaar met Nederlandstalige Windows-software;
- de programmering is eenvoudig en kan zonder enige training worden uitgevoerd;
- het toegepaste X-10 lichtnetprotocol is een wereldstandaard.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/8.10.11
Hoofdstuk 3/8.10.15

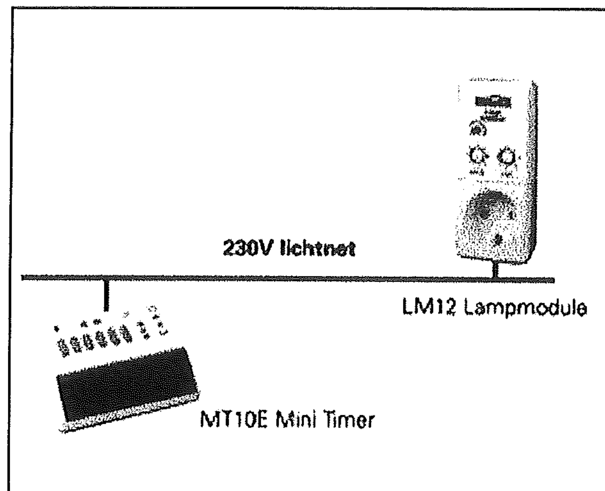


**Opbouw van het systeem**
Voor de besturing van verlichting en apparatuur wordt gebruik gemaakt van commando's die over het lichtnet worden verstuurd. Per schakelpunt wordt er één "Module" gebruikt die het commando ontvangt en het vervolgens uitvoert. De commando's worden op het lichtnet geplaatst door zogenoemde "Controllers". Doordat aan de modules een adres wordt toegekend kunnen de modules onafhankelijk van elkaar worden bestuurd.
Het systeem bevat verschillende controllers onder de vorm van timers, PC-interfaces, telefoonresponders en universele zenders. Daarnaast zijn er draadloze controllers leverbaar die een signaal versturen naar een centrale ontvanger die de signalen omzet naar het Marmitek X-10 protocol op het lichtnet. Draadloze controllers zijn er in de vorm van afstandsbedieningen, draadloze schakelaars en sensoren. De modules bedienen verlichting en apparatuur. Er zijn drie verschillende types beschikbaar: insteekmodules, inbouwschakelaars en modules voor DIN-rail montage. De modules ontvangen de commando's van de controllers over het lichtnet.

**Adressering**
Door middel van twee codewieltjes kunnen tot maximaal 256 verschillende adressen worden ingesteld. Deze zijn onderverdeeld in een zogenoemde "Huiscode" (A tot en met P) en een zogenoemde "Unitcode" (1 tot en met 16). De huiscode is ook instelbaar op de controllers, zodat controllers en modules tot hetzelfde systeem gaan behoren.

**Het X-10 protocol in het kort**
Het X-10 protocol bevat standaard commando's waarbij alle units binnen dezelfde huiscode tegelijk worden aangestuurd. De volgende functies zijn aanwezig: "Aan", "Uit", "Dimmen", "Alle Units Aan" en "Alle Units Uit".

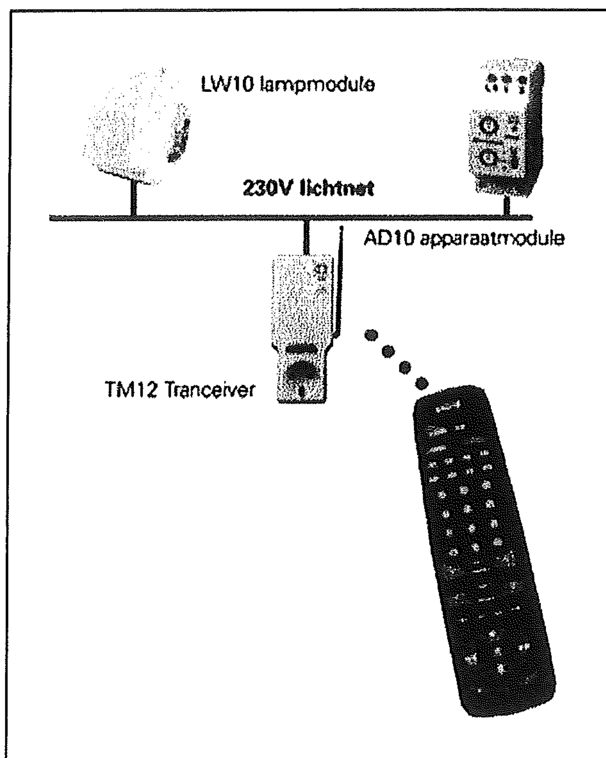
**Voorbeeld 1:**
**het eenvoudigste systeem**
In het eerste voorbeeld wordt een verlichtingspunt bestuurd door middel van een timer. Het schema is voorgesteld in figuur 3/8.10.17-1. De twee apparaten worden met het lichtnet verbonden en kunnen nadien met elkaar communiceren.




**Figuur 3/8.10.17-1:** De eenvoudigste toepassing van het Marmitek-systeem. Een controller en een module worden met het net verbonden en communiceren met elkaar.

**Voorbeeld 2:**
**draadloos besturen**
In het volgende voorbeeld wordt er één verlichtingspunt en twee apparaten met behulp van een afstandsbediening bediend. De afstandsbediening is in elke ruimte van het huis te gebruiken. In dit voorbeeld wordt de huiskamerverlichting, de vijverpomp en een elektrische deken bestuurd. Met de afstandsbedie-

ning kan bovendien ook alle audio- en videoapparatuur worden bediend. Omdat er gebruik wordt gemaakt van een draadloze zender moet het systeem voorzien worden van een transceiver. Deze transceiver is zowel controller als module: in de transceiver is een tweeweg apparaatmodule ingebouwd. Op het stopcontact van de transceiver wordt de elektrische deken aangesloten.
Het schema voor deze toepassing is getekend in figuur 3/8.10.17-2.




**Figuur 3/8.10.17-2:** Een ingewikkelder toepassing vereist drie apparaten die via een draadloze afstandsbediening worden bestuurd. Vanwege de draadloze besturing moet er een transceiver in het systeem worden opgenomen.

De verlichting in de huiskamer wordt op dit moment geschakeld met een standaard inbouwschakelaar. Door deze schakelaar te vervangen door een lampmodule kan deze verlichting voortaan zowel handmatig als op afstand geschakeld en gedimd worden. Om de vijverpomp te schakelen wordt er gebruik gemaakt van een DIN-rail schakelaar. Deze schakelaar kan over het lichtnet en dus ook met de afstandsbediening in combinatie met de transceiver worden bestuurd.

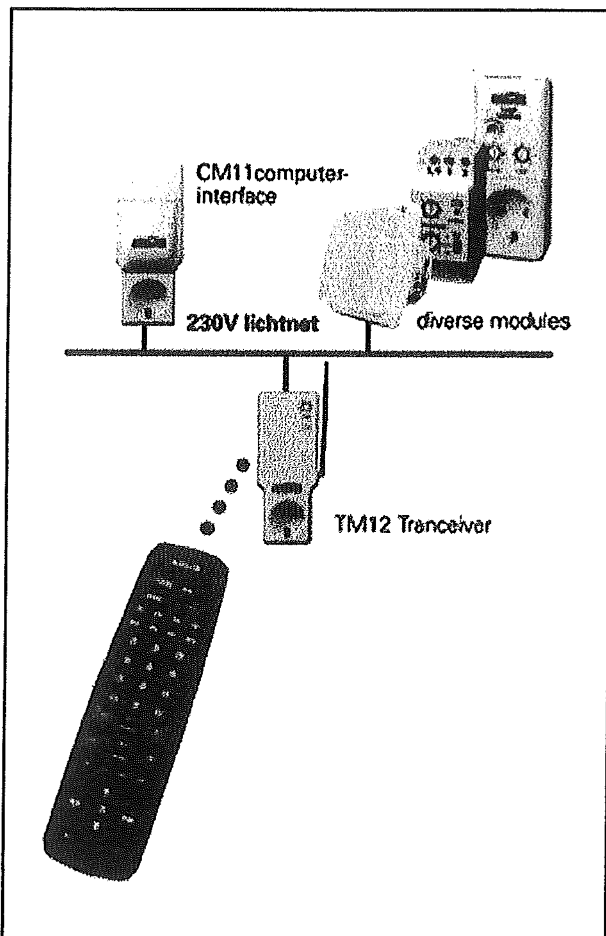
**Voorbeeld 3:**
**besturen via de PC**
Met behulp van een computerinterface kunnen groepen acties worden voorgeprogrammeerd. Deze acties worden uitgevoerd na het ontvangen van een commando van een controller. Zo kunnen de acties gestart worden door een druk op de knop van bijvoorbeeld de afstandsbediening die een commando via de transceiver naar de computerinterface verstuurt. Na programmeren wordt de informatie in de interface bewaard en kan de PC gewoon uitgeschakeld worden.
Een dergelijk systeem wordt voorgesteld in figuur 3/8.10.17-3. Op deze wijze kan voor elke situatie de gewenste sfeerverlichting worden voorgeprogrammeerd. Dit geldt ook voor alle acties die gewenst zijn voor presentatie, aankomst, vertrek, afwezigheid, ontspanning, enzovoort. Door één druk op de knop van een afstandsbediening of draadloze schakelaar kan alle benodigde apparatuur en verlichting worden ingeschakeld. Omdat er tijdsvertragingen instelbaar zijn, is het ook mogelijk om een uur later de ingeschakelde apparatuur en verlichting weer uit te schakelen en beveiligingsverlichting in te schakelen. Tevens kunnen er met de PC-interface voor talloze acties tijden worden voorgeprogrammeerd waardoor het mogelijk is om op een realistische wijze aanwezigheid te simuleren. Er kan hierbij

zelfs rekening gehouden worden met zonsondergang en zonsopkomst.

# Het X-10 protocol

### Inleiding

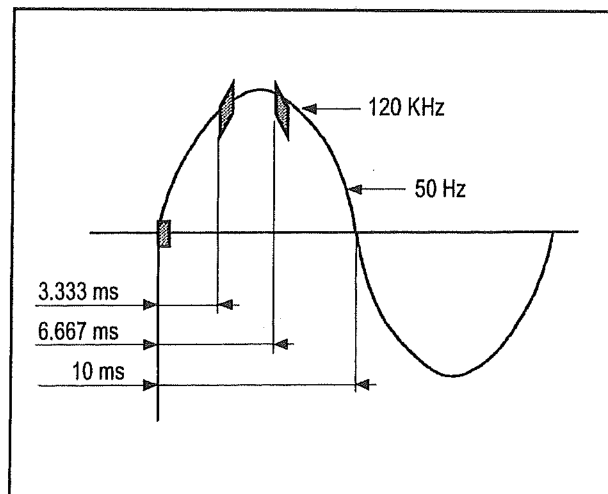
Het Marmitek-systeem werkt met het X-10 lichtnet protocol. Dit protocol maakt gebruikt van digitale codes die worden gesynchroniseerd met de nuldoorgang van de netspanning. De "H"-code van de digitale signalen wordt omgezet in een frequentie-burst van 120 kHz en een breedte van 1 ms.




**Figuur 3/8.10.17-3:** Het systeem wordt uitgebreid met een computerinterface.

De digitale "L"-code wordt voorgesteld door de afwezigheid van deze burst. Om het systeem ook in krachtstroominstallaties toe te kunnen passen worden er drie bursts achter elkaar uitgezonden, zodat iedere burst gelijkloopt met de nuldoorgang van een van de drie fasen. Tussen de fasen bestaat immers een faseverschuiving van 120°.

In figuur 3/8.10.17-4 is voorgesteld hoe het X-10 signaal op de netspanning wordt gemoduleerd.



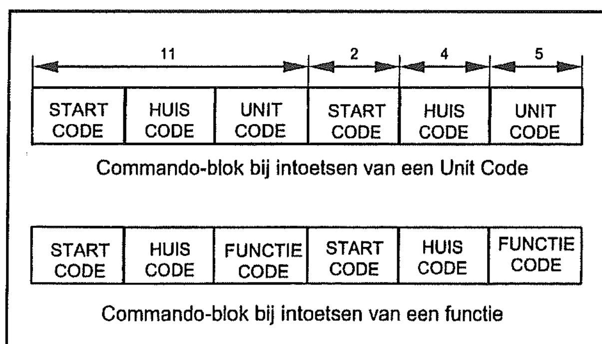

**Figuur 3/8.10.17-4:** De modulatie van de 120 kHz bursts op de 50 Hz van de netspanning.

### Opbouw van de commando's

Voor het verzenden van een X-10 commando worden 11 perioden van de netspanning gebruikt:

- Perioden 1 - 2:
  In de eerste twee perioden zit de startcode. Deze code zet alle X-10 zenders en ontvangers in de ontvangstmodus.
- Perioden 3 - 6:
  In deze vier perioden wordt de "Huiscode" (A - P) verzonden.
- Perioden 7 - 11:

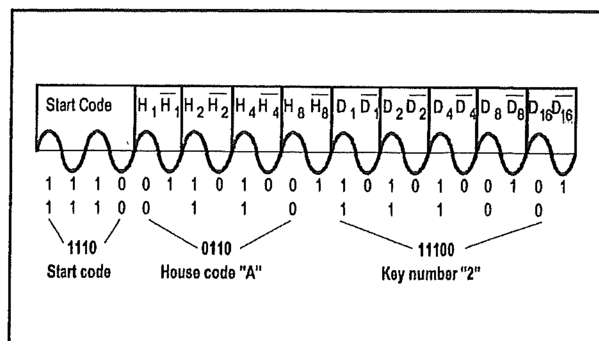
Deze vijf laatste perioden bevatten de "Unitcode" (1 - 16) of de "Functiecode" (AAN, UIT, DIM, enzovoort).
De volledige code noemt men een "Informatieblok". Dit blok wordt twee maal achter elkaar verzonden. Tussen een informatieblok en het volgende informatieblok zit altijd een pauze van drie perioden. De enige uitzondering op deze regel is het DIM-commando. Dit worden continu uitgezonden.
Een X-10 module zal alleen actie ondernemen nadat hij het volledige Informatieblok heeft ontvangen en de geldigheid van de code geeft gecontroleerd.
De samenstelling van een X-10 woord is grafisch voorgesteld in figuur 3/8.10.17-5.




**Figuur 3/8.10.17-5:** De volledige samenstelling van een woord uit het X-10 protocol.

## Complementaire data

Elk verzonden databit wordt opgevolgd door zijn geïnverteerde code. Deze code wordt verzonden na de eerstvolgende nuldoorgang van de netspanning. De startcode vormt een uitzondering op deze regel: omdat deze altijd als dusdanig moet worden herkend wordt deze niet geïnverteerd. De volledige code van een woord wordt dus in de praktijk iets gecompliceerder en is geschetst in figuur 3/8.10.17-6.




**Figuur 3/8.10.17-6:** De volledige samenstelling van een woord, inclusief de geïnverteerde databits.

## Collision detection

De X-10 commando's worden door een controller op het 230 V net gezet. Om de geldigheid van de codes te waarborgen zet de controller alleen een nieuw woord op het net als dit vrij is van andere codes. Tijdens het uitzenden van een code controleert de controller of de uitgezonden code gelijk is aan de code die hij op het net aantreft. Is dat niet het geval, dan weet de controller dan een andere controller bezig is met het uitzenden van een code. De controller wacht nu een bepaalde tijd en zendt nadien het commando opnieuw uit. Op deze wel heel eenvoudige manier wordt vermeden dat twee uitgezonden codes met elkaar in botsing komen.

## Samenstelling van de X-10 codes

In de tabel van figuur 3/8.10.17-7 wordt een overzicht gegeven van alle codes van de X-10 standaard.
Het protocol reserveert plaats voor "Extended Codes" en "Extended Data" voor toekomstige uitbreidingen. Een kleine toelichting is ongetwijfeld op zijn plaats.

- HAIL REQUEST
  Dit commando wordt gebruikt om te zoeken naar andere controllers die op hetzelfde lichtnet actief zijn.

## 8.10 Praktische schakelingen voor de ontwerper

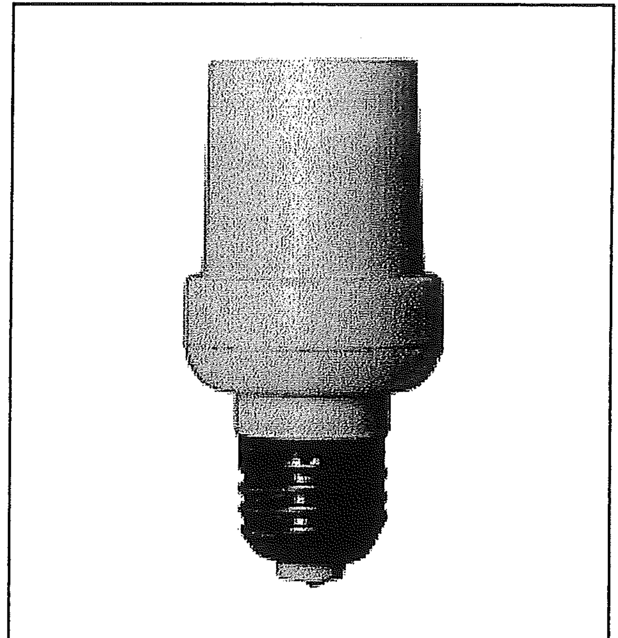
| HC | HUIS CODE | | | | UC | UNIT CODE EN FUNCTIE CODE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $H_1$ | $H_2$ | $H_4$ | $H_8$ | | $D_1$ | $D_2$ | $D_4$ | $D_8$ | $D_{16}$ |
| A | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| B | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| C | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| D | 1 | 0 | 1 | 0 | 4 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| E | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| F | 1 | 0 | 0 | 1 | 6 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| G | 0 | 1 | 0 | 1 | 7 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| H | 1 | 1 | 0 | 1 | 8 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| I | 0 | 1 | 1 | 1 | 9 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| J | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| K | 0 | 0 | 1 | 1 | 11 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| L | 1 | 0 | 1 | 1 | 12 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| M | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N | 1 | 0 | 0 | 0 | 14 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| O | 1 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| P | 1 | 1 | 0 | 0 | 16 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ALL LIGHTS OFF | -> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| ALL LIGHTS ON | -> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| ON | -> | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| OFF | -> | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| DIM | -> | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| BRIGHT | -> | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| ALL LIGHTS OFF | -> | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| EXTENDED CODE | -> | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| HAIL REQUEST | -> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| HAIL ACKNOWLEDGE | -> | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| PRE-SET DIM | -> | 1 | 0 | 1 | X | 1 |
| EXTENDED DATA (ANALOOG) | -> | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| STATUS = ON | -> | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| STATUS = OFF | -> | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| STATUS REQUEST | -> | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

**Figuur 3/8.10.17-7:** Een overzicht van de commando's van het X-10 protocol.

Met dit systeem kan uitgezocht worden welke huiscodes reeds in gebruik zijn. Op deze manier is het mogelijk toekomstige apparatuur die op het net wordt aangesloten automatisch te laten zoeken naar een vrije huiscode.

- PRESET DIM
  Bij dit commando wordt D8 gebruikt als MSB en zijn H1, H2, H4 en H8 de minst belangrijke bits.
- EXTENDED DATA
  Deze code word opgevolgd door acht bit brede woorden die een analoge waarde voorstellen. Op deze manier is het mogelijk de analoge gegevens van bijvoorbeeld sensoren (na digitalisatie) in het X-10 systeem op te nemen.

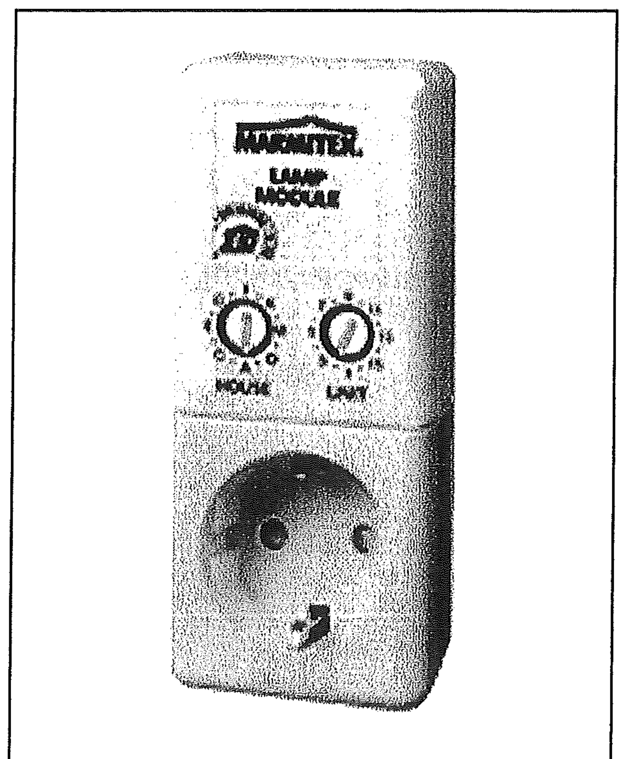


Figuur 3/8.10.17-8: De eenvoudigste module is de fittingschakelaar LM15.

# De insteekmodules

**Inleiding**
Het Marmitek-systeem draait om de uitgangsmodules die de X-10 commando's omzetten in besturingen van voornamelijk lampen van de huisverlichting en apparaten met motoren. De eerste serie van dergelijke modules wordt insteekmodules genoemd, omdat zij "ingestoken" worden op de plaats waar normaal fittingen en schakelaars te vinden zijn, dus in de installatiedozen van de huisbedrading. Er zijn diverse soorten insteekmodules leverbaar, die nu in het kort worden besproken.

**De fittingschakelaar LM15**
Deze module, zie figuur 3/8.10.17-8, kan rechtstreeks in de fitting van een lamp worden gedraaid. De module is op afstand alleen AAN/UIT bestuurbaar via het X-10 protocol. De module is geschikt voor gloei- en spaarlampen.




Figuur 3/8.10.17-9: De insteekmodulen LM12 en AM12.



Figuur 3/8.10.17-10: De transceivermodules TM12 en TM13.

**De lampmodule LM12**
Deze module wordt in een wandcontactdoos gestoken en biedt een X-10 geregeld stopcontact voor verlichting tot 300 W. Deze module kan AAN/UIT/DIM worden gestuurd. De LM12 is geschikt voor Ohmse belastingen zoals gloeilampen maar kan echter ook gebruikt worden in combinatie met de meeste halogeenverlichting met gewikkelde trafo.

**De apparaatmodule AM12**
Ook dit kastje wordt in een wandcontactdoos geplugd en biedt nadien een X-10 geregeld stopcontact. Deze module kan echter alleen AAN/UIT worden gestuurd en kan belastingen tot 3,6 kW schakelen. Deze module is dus niet zozeer bedoeld voor de verlichting, maar voor motoren en verwarmingselementen.

**De transceivermodule TM13**
Deze module is noodzakelijk als men een draadloze afstandsbediening in het systeem opneemt. Het apparaatje combineert een ontvanger voor de HF-commando's van de afstandsbediening met een apparaatmodule zoals de AM12.

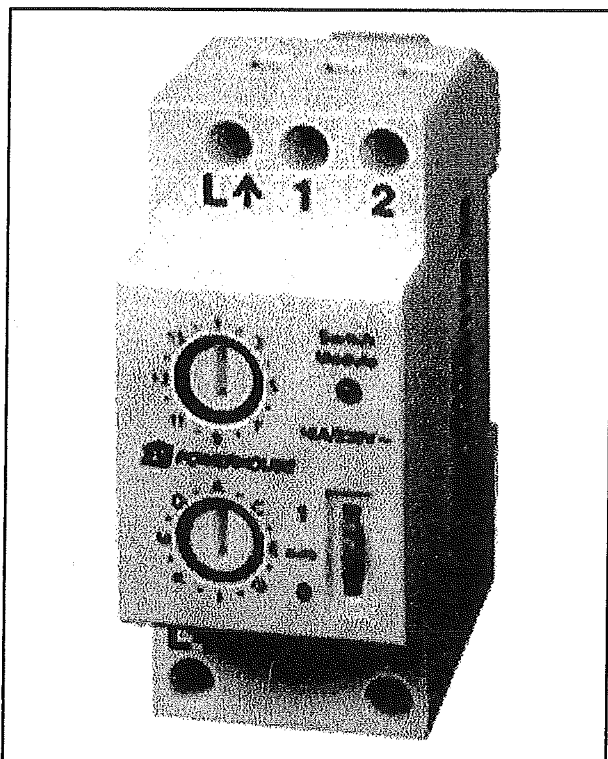
**De transceivermodule TM12**
Deze module ontvangt de hoogfrequent signalen van de draadloze controllers en afstandsbedieningen en zet deze om naar het X-10 protocol op het lichtnet. Ook deze module heeft een ingebouwde apparaatmodule met een maximale belasting van 3,6 kW. Enig verschil met de AM13 is de aanwezigheid van een drukschakelaar voor het manueel schakelen van de ingebouwde apparaatmodule.

De eigenschappen van deze universele module kunnen als volgt worden samengevat:
- voedingsspanning: 230 V, +/-10 %
- opgenomen stroom: 20 mA capacitief
- schakelvermogen: 3600 W ohmse belastingen, 230 W inductief of capacitief
- EMC emissie: volgens EN 50081 - 1
- EMC immuniteit: volgens EN 50082 - 1
- elektrische veiligheid: volgens EN 60950 en 60065
- RF ontvangstfrequentie: 433,92 MHz
- X-10 frequentie: 120 kHz +/-2 kHz
- X-10 signaalgevoeligheid: 15 mV minimaal
- ingangsimpedantie: groter dan 180 Ω
- afmetingen: 65 x 160 x 33 mm

# DIN-modules

**Inleiding**
Naast de insteekmodules levert Marmitek ook een reeks zogenoemde DIN-modules,

die bedoeld zijn voor montage op een DIN-rail in de meterkast. Uit de meterkast moet dan een vaste bedrading via installatiebuis naar de verbruikers worden gelegd.




**Figuur 3/8.10.17-11:** De schakelaarmodule AD10.

**De dimmermodule LD11**
Deze module schakelt en dimt verlichtingscircuits tot 700 W en is geschikt voor verlichting op 230 V en voor halogeenverlichting op 12 V of 24 V. De module is voorzien van extra functies zoals soft start, soft dim en geheugenstand voor het laatste dimniveau.
Kan vanuit 0 % naar het gewenste dimniveau worden geregeld.

**De schakelaarmodule AD10**
Deze module schakelt belastingen AAN/UIT tot 3,6 kW. Het apparaat heeft een statusaanduiding met LED.

**Het fase koppelfilter FD10**
Deze module komt van pas in huisinstallaties die gebruik maken van de drie fasen van de krachtstroom. Met dit filter koppelt men de X-10 signalen over de fasen heen naar de verschillende modules. Verder kan dit kastje worden gebruikt om de X-10 signalen uit het lichtnet te filteren om te voorkomen dat de signalen het pand inkomen of verlaten.

## De inbouwmodules

**Inleiding**
Uiteraard zijn er in het systeem ook schakelaars leverbaar, die er uitzien als ordinaire inbouwschakelaars en als dusdanig te bedienen zijn, maar wél alle functionaliteit leveren van de lamp- of apparaatmodules.

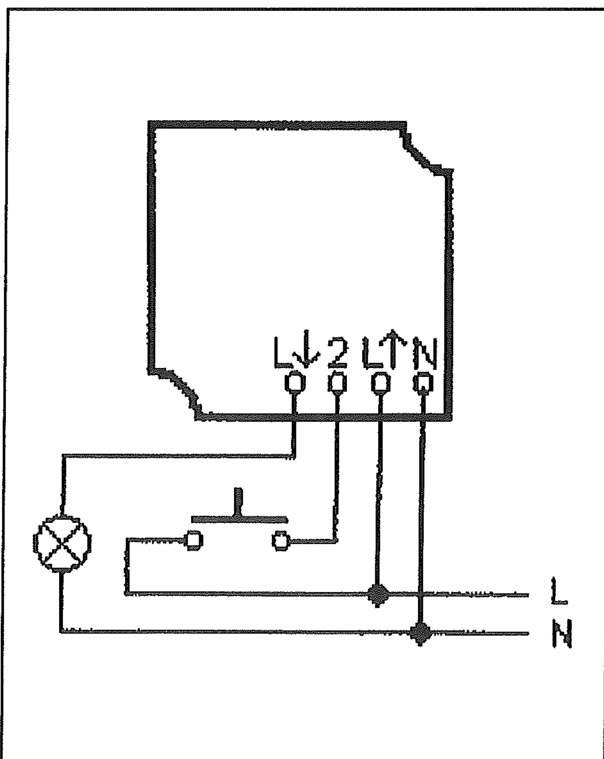
**De dimmermodule LW11**
Deze module in een dimmermodule met een belasting van 500 W. De elektronica kan zonder problemen de primaire wikkelingen van halogeen-trafo's schakelen. De module beschikt over geavanceerde functies zoals soft start, soft dim en een geheugen voor de laatste dimmerstand.

**De schakelaarmodule AW10**
Deze elektronische inbouwschakelaar bestuurt belastingen AAN/UIT tot Ohmse vermogens van maximaal 2,2 kW.

**De motorschakelaarmodule SW10**
Een speciale elektronische inbouwschakelaar, waarvan de elektronica is aangepast aan het schakelen van 230 V motorbelastingen. Te denken valt aan de besturing van elektrisch aangedreven rolluiken, zonweringen en gordijnen.



Figuur 3/8.10.17-12: De vormgeving van de inbouwschakelaars uit het Marmitek-systeem.




Figuur 3/8.10.17-13: Het bedradingsschema van de inbouwmodules.

De schakelaar heeft een ingebouwd geheugen dat de "breedte" of "hoogte" van de zonwering of de gordijnen onthoudt. Dit gebeurt aan de hand van de tijd die nodig is om de motor van de ene naar de andere uiterst stand te sturen.

**Algemene specificaties**

De algemene specificaties voor de inbouwmodules zijn:

- voedingsspanning: 230 V +/-10 %
- opgenomen stroom: 20 mA capacitief
- schakelvermogen: 60 W tot 500 W
- dimsnelheid: 3,7 s van 100 % naar 0 %
- EMC emissie: volgens EN 50081 - 1
- EMC immuniteit: volgens EN 50082 - 1
- elektrische veiligheid: volgens EN 60950 en 60065
- signaalgevoeligheid: 15 mV bij 120 kHz
- ingangsimpedantie: 60 Ω
- zekering: 2,5 A

De beschikbare X-10 commando's zijn:

- UIT commando:
  helemaal uit
- AAN Helderder:
  wordt helderder vanaf de huidige lichtsterkte
- AAN Dimmen:
  dimt vanaf de huidige lichtsterkte
- All Lights ON:
  gaat naar 100 % lichtsterkte
- All Units OFF:
  helemaal uit

**Het schakelschema**

Het schakelschema van de inbouwmodules is getekend in figuur 3/8.10.17-13. Let op de drukknop!

Dank zij dit onderdeel kan men een inbouwmodule omvormen tot een wisselschakeling. Via een druk op deze drukknop wordt de module in- of uitgeschakeld, afhankelijk van de stand die zij voor de actie had.

# De controllers

**Inleiding**
De controllers bedienen het gehele Marmitek-systeem in een huis.
Er zijn in totaal zeven controllers leverbaar, die qua functionaliteit nogal uiteenlopen en geprijs zijn van Hfl. 150,00 tot meer dan Hfl. 400,00.

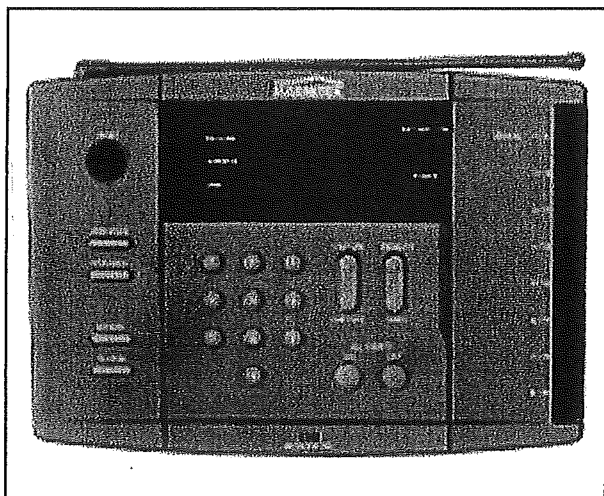
**De controller SC2200**
De SC2200 is een complete handbediende centrale voor het systeem. Vanaf het toetsenbord kunnen alle modules worden geschakeld en/of gedimd. Bovendien zijn toetsen aanwezig voor "alle modules aan" en "alle modules uit". De centrale heeft een ingebouwde transceiverfunctie zodat de draadloze afstandsbedieningen zonder meer in het systeem kunnen worden geïntegreerd. Vandaar de antenne op de bovenzijde van de behuizing. De centrale is tot slot uitgerust met talloze beveiligingsfuncties.

**De telecontroller SC2700**
Deze controller biedt dezelfde functies als de SC2200, maar bovendien kan via elke druktoetstelefoon op de SC2700 worden ingebeld om de functies te bedienen! Men kan dus verlichting, alarm, enzovoort vanuit de auto met een GSM-telefoon in- en uitschakelen.

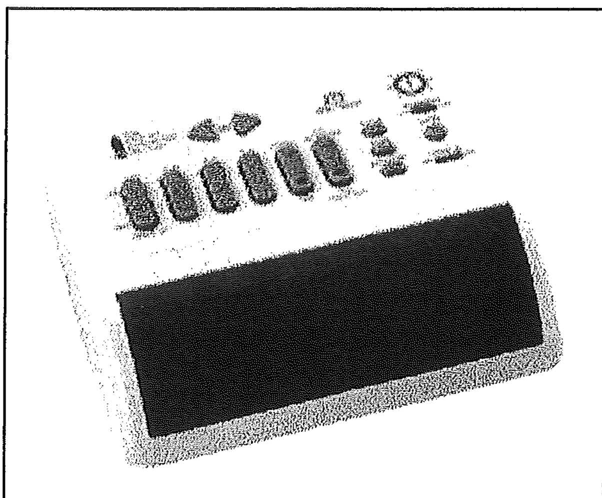
**Functie overzicht**
De twee besproken controllers hebben de onderstaande functies:
- schakelen en dimmen via toetsenbord:
  SC2200 SC2700
- alle modules aan:
  SC2200 SC2700
- alle modules uit:
  SC2200 SC2700
- ingebouwde transceiver:
  SC2200 SC2700
- bediening via telefoon:
  SC2700
- aansluitingen voor sensoren:
  1 1
- geheugenplaatsen voor draadloze sensoren:
  16 16
- geheugenplaatsen voor afstandsbedieningen:
  8 8
- paniekfunctie:
  SC2200 SC2700
- deelalarm functie:
  SC2200 SC2700
- telefonische melding bij alarm:
  SC2200 SC2700
- luistermogelijkheid tijdens alarm:
  SC2200 SC2700
- arm/disarm via de telefoon:
  SC2700
- schakelen van verlichting tijdens alarm:
  SC2200 SC2700
- alarmstatus indicatie via module:
  SC2200 SC2700
- aansturen van extra sirenes bij alarm:
  SC2200 SC2700
- automatisch uitschakelen van apparatuur bij verlaten woning:
  SC2200 SC2700
- automatisch inschakelen van apparatuur bij thuiskomst:
  SC2200 SC2700
- lifestyle functie:
  SC2200 SC2700

**De timer MT10**
De MT10 is een uitgebreide schakelklok met mogelijkheden tot het handmatig en automatisch op afstand besturen van alle modules.
Men kan vier modules tot vier keer per dag schakelen. Met een druk op de knop

kan men alle verlichting aan- en uitschakelen.



Figuur 3/8.10.17-14: De vormgeving van de controllers SC2200 en SC2700.



Figuur 3/8.10.17-15: De minitimer controller MT10.

### De computerinterface CM11

Met deze besturing kan men modules schakelen en dimmen precies zoals het de persoonlijke bedoeling is: bij zonsopkomst of zonsondergang, op voorgeprogrammeerde tijden of volgens de aangeleerde "life style". Deze module wordt standaard geleverd met viertalige "ActiveHome"-software op CD-ROM. De module wordt aangesloten op een van de seriële poorten van een PC. De PC kan na het samenstellen van het programma gewoon worden uitgeschakeld. Door één druk op de knop zijn samengestelde acties te activeren.

Per module zijn tijdsinstellingen te programmeren op dag-, week-, periode- of jaarbasis, waarbij automatisch wordt omgeschakeld van zomer- naar wintertijd. Het systeem berekent zonsopkomst- en zonsondergangstijden aan de hand van de geografische ligging. Meerdere instellingen per module zijn mogelijk. Voor verlichting die aangesloten is op lampmodules kan de lichtsterkte in stappen van één procent worden voorgeprogrammeerd. Het systeem kan de zogenaamde "Life Style" van de gebruiker aanleren. De tweeweg interface leest namelijk commando's van de controllers en afstandsbedieningen en onthoudt deze. Deze "Life Style" kan bij afwezigheid worden nagebootst, inclusief natuurlijke variaties in tijden: ideaal dus als beveiliging tijdens afwezigheid, het lijkt alsof het huis normaal is bewoond. Met behulp van de software kunnen op eenvoudige wijze macro's worden samengesteld. Een macro is in dit kader een samenstelling van acties. Hierdoor kunnen handelingen voor thuiskomen, naar bed gaan, even weg, enzovoort volledig worden geautomatiseerd. Acties kunnen zelfs vertraagd uitgevoerd worden tot vier uur na het activeren van de macro.

Alle instellingen worden geprogrammeerd in het niet-vluchtige geheugen van de interface (EEPROM) en zullen bij het uitvallen van de spanning niet verloren gaan.

De technische specificaties van de computerinterface zijn:

- voedingsspanning: 230 V

- X-10 signaal: 120 kHz bij 2,5 Vpp
- back-up batterij (alleen klok): 2 x AAA
- back-up tijd bij spanningsuitval: 1 week typisch
- geheugenruimte voor acties en macro's: 39 maximum, afhankelijk van de mix tussen acties en macro's




**Figuur 3/8.10.17-16:** De universele X-10 zender SM10.

**De IR interface IR7243**

De IR543 heeft een infrarode ontvanger waardoor het Marmitek systeem kan worden bestuurd met standaard infrarood afstandsbedieningen. Daarnaast beschikt het apparaat over druktoetsen voor de bediening van acht modules en bezit extra toetsen voor de commando's Aan, Uit, All Lights On, All Units Off en Dim.

**De universele X-10 zender SM10**

Deze X-10 zender wordt bestuurd door een stuursignaal dat men aan de speciale ingangen aanlegt. Het stuursignaal wordt omgezet naar de juiste X-10 commando's. Als "trigger" voor de SM10 kan vrijwel elk signaal worden gebruikt: het sluiten van een relaiscontact schakelaar of alarmpaneel, maar ook elke spanning tussen de 6 V en 18 V zoals van een beltrafo of een versterkt audiosignaal.

Het apparaat schakelt automatisch alle verlichting (aan of knipperend) bij alarm zonder extra leidingen te leggen. Men kan dus apparatuur en verlichting vanuit elke locatie in huis schakelen zonder extra kabels te moeten aanleggen.

De SM10 heeft 3 werkstanden of modes. De gewenste mode wordt ingesteld aan de voorzijde door een schakelaar:

- Mode 1:
  Alle X-10 verlichtingsmodules die zijn ingesteld op dezelfde huiscode worden bij alarm ingeschakeld. Bovendien worden apparaatmodules die dezelfde unitcode hebben eveneens ingeschakeld. Alle verlichting blijft na het uitschakelen van het alarm branden, maar modules met dezelfde unitcode worden uitgeschakeld.
- Mode 2:
  De SM10 zal de aangesloten lampmodules afwisselend aan en uit schakelen (knipperen). Nadat het alarm is uitgeschakeld blijft de verlichting continu branden, maar de aangesloten apparaatmodules worden uitgeschakeld.
- Mode 3:
  Sluiten van de contacten resulteert in een AAN commando naar het op de SM10 ingestelde adres. Bij het verbreken van de verbinding wordt een UIT commando verstuurd naar het ingestelde adres.

De specificaties van de SM10:

- voedingsspanning: 230 V +/-10 %
- opgenomen stroom: 20 mA capacitief
- EMC emissie: volgens EN 50081 - 1

- EMC immuniteit: volgens EN 50082 - 1
- elektrische veiligheid: volgens EN 60950 en EN 60065
- X-10 uitgangssignaal: 120 kHz bij 2,5 V

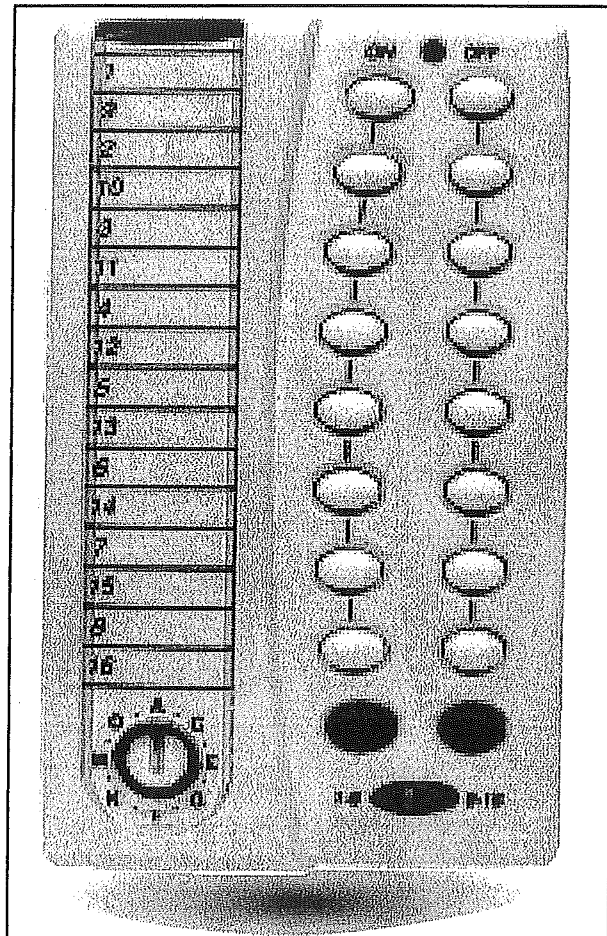
**De TTL/CMOS interface XM10**
Deze unit vertaalt TTL/CMOS-signalen naar X-10 signalen op het lichtnet en omgekeerd. Het apparaat is uitgerust met galvanisch gescheiden in- en uitgang.

# De draadloze componenten

**Inleiding**
Het Marmitek-systeem kan worden uitgebreid met een aantal draadloze zenders. Deze werken niet met infrarood licht, maar met HF-signalen met een draaggolffrequentie van 433,92 MHz. Deze signalen gaan vrijwel ongehinderd door muren en ramen, zodat men vanuit de woonkamer zonder problemen de TV in de kinderslaapkamer kan uitschakelen. De enige voorwaarde is dat er in het systeem een controller met HF-ingang aanwezig is zoals de SC2200 of de SC2700.

**De afstandsbediening IR/RF**
De IR/RF vervangt de afstandsbedieningen van vrijwel alle TV's, videorecorders en satellietontvangers. De afstandsbediening heeft veel extra mogelijkheden waaronder teletext, het programmeren van de video (via ShowView, VideoPlus of VCR timer) en macro-toetsen. De IR/RF werkt op basis van infrarood en hoogfrequent signaal.
Het apparaatje heeft een leergeheugen voor infrarood codes die nog niet in het geheugen aanwezig zijn.

**De afstandsbediening HR10**
Met deze HR10 kan men zestien X-10 modules besturen. Het apparaat ondersteunt de X-10 functies Aan, Uit en Dim.


Figuur 3/8.10.17-17: De afstandsbediening HR10.

De HR10 moet in samenwerking met de TM12 transceivermodule of de SC2200/2700 centrale worden gebruikt. De transceiver of de centrale zet de signalen van de HR10 om naar het X-10 protocol op het lichtnet om zo de modules aan te sturen. De HR10 kan macro's activeren die opgeslagen zijn in de CM11 computerinterface. Hierdoor kan met één druk op de knop een opeenvolging van acties wor-

den uitgevoerd. Door middel van een schuifschakelaar kan er omgeschakeld worden tussen het bedienen van modules 1 tot en met 8 en 9 tot en met 16. Modules met dezelfde huiscode als ingesteld op de HR10 kunnen met de afstandsbediening AAN en UIT worden geschakeld.

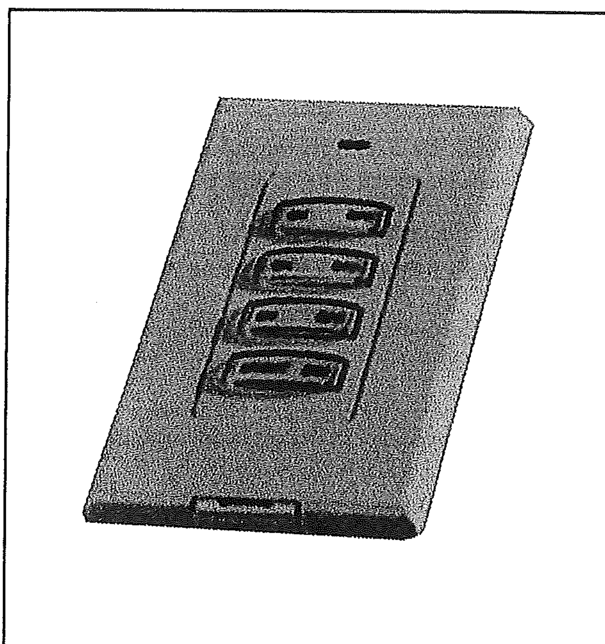



Figuur 3/8.10.17-18: De afstandsbediening KR19E.

**De technische gegevens van de HR10 zijn:**
- batterijen: 4 x AAA
- HF frequentie: 433,92 MHz
- HF bereik: 30 m in het vrije veld
- keuringen: MPT1340, ETS 300220
- instelbare huiscode: A t/m P
- te bedienen unitcodes: 1 t/m 16

**De afstandsbediening KR19E**
Deze afstandsbediening is ondergebracht in een fraaie superdunne sleutelhanger en is geschikt voor het aansturen van twee adressen + dimfunctie.

**De Slimline draadloze schakelaar RW12**
Dit is een superdunne elegante draadloze schakelaar. Dit apparaatje biedt een ideale oplossing voor situaties waar een extra schakelaar gewenst is, maar geen mogelijkheid aanwezig is om nieuwe leidingen te leggen. De RW12 schakelt drie modules AAN/UIT en is voorzien van een DIM-toets.



Figuur 3/8.10.17-19: De Slimline draadloze schakelaar RW12

**De draadloze bewegingsmelder MS13**
Tot slot de MS13. Deze draadloze zender met ingebouwde sensor breidt het toepassingsgebied van het Marmitek-systeem dramatisch uit.
De MS13 is een standaard PIR-detector die reageert op bewegende voorwerpen. Het unieke is uiteraard dat het apparaat is voorzien van een HF-zendertje dat de gegevens draadloos doorstuurt naar een van de commando-centrales. Men kan deze sensor toepassen voor:
- inschakelen van binnen- en buitenverlichting bij thuiskomst in het donker;

- energie besparen door het automatisch uitschakelen van verlichting en tijdig signaleren van onverwachte bezoekers;
- automatische routeverlichting naar bijvoorbeeld het toilet.

# Speciale modules

**Inleiding**
Tot slot een paar worden over de speciale modules. Dit zijn modules die niet in een van de beschreven categorieën thuis horen, maar toch een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de veelzijdigheid van het systeem.

**De universele ontvanger UM7206**
Deze universele schakelmodule schakelt 30 V met stromen tot 5 A. De module kan ingesteld worden voor puls- en continu contact. Op afstand bestuurbaar met de X-10 commando's AAN en UIT. Met de hand te bedienen via druktoetsen op de module.

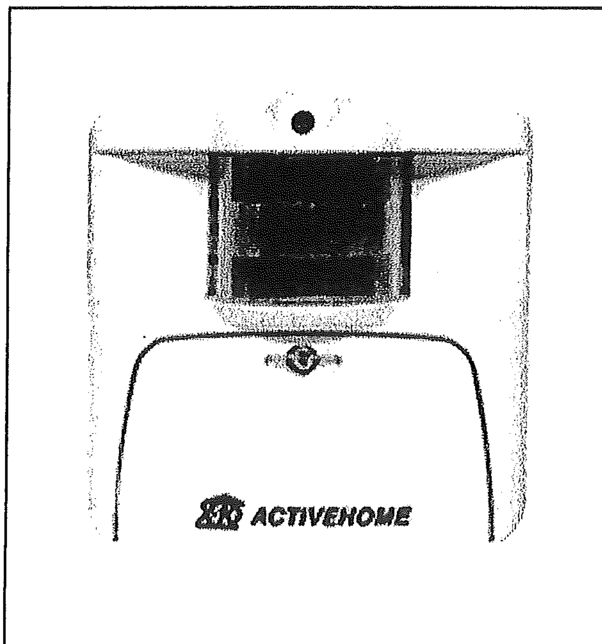
**Het stekkerfilter FM10**
Een plug-in filter voor het wegfilteren van ruis in TV's en problemen met kopieerapparaten, motoren en schakelende voedingen die veroorzaakt worden door de X-10 signalen op het net.

**De dimmermodule LM12W**
Deze module heeft dezelfde technische specificaties als de LM12 stekkermodule, maar is uitgevoerd als module zonder stekkerdeel. Via aansluitkabels kan de module gemonteerd worden in verlichtingsarmaturen.

**De apparaatmodule AM12W**
Deze module heeft dezelfde technische specificaties als de AM12 stekkermodule, maar is uitgevoerd als module zonder stekkerdeel. Via aansluitkabels kan de module gemonteerd worden in apparatuur.

# Nadere gegevens

De leverancier van het Marmitek-systeem is:
Marmitek BV
Postbus 4257
5604 EG Eindhoven
Telefoon 040-21.2.831
Internet: www.marmitek.com
Zowel in Nederland als in België is een twintigtal dealers van de Marmitek-producten.



Figuur 3/8.10.17-20: De draadloze bewegingsmelder MS13.

# 3/8.11

# Van schema tot kant en klaar apparaat

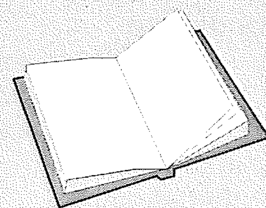
## Inleiding

**Veel ervaring vereist!**
Bij het omzetten van een schema naar een kant en klaar apparaat komt meer kijken dan u in eerste instantie denkt. Zelfs als u uitgaat van een absoluut betrouwbaar schema en eerste klasse componenten gebruikt, kan het eindresultaat teleurstellend zijn. Het kant en klaar apparaat bromt, ruist, oscilleert en/of drift. Geen kwestie van pech, maar van slechte en ondoordachte lay-out. Onder "lay-out" verstaan wij de manier waarop u de verbindingen tussen de onderdelen heeft aangebracht, zowel op de print als tussen de print en de bedieningsorganen en in/uitgangen. Bij een goede lay-out komt heel wat kijken en er is veel ervaring nodig om de goede theoretische specificaties van een schema in de praktijk te benaderen.

**Probleemgebieden**
Vaak vergeet u dat draden, kabels en printsporen alles behalve ideale elektrische geleiders zijn. Dergelijke verbindingen hebben:
- een ohmse weerstand;
- een capaciteit;
- een inductantie.

Als er door een één millimeter dun printspoortje een forse stroom vloeit, dan zal deze stroom over de ohmse weerstand van het printspoortje een bepaalde spanningsval genereren. Deze spanningsval kan theoretisch opgevat worden als een signaalbron, die u natuurlijk nergens in het schema terug vindt en onder ongunstige omstandigheden heel wat narigheid kan veroorzaken. Als u twee printspoortjes tien centimeter parallel laat lopen met een onderlinge afstand van één millimeter, dan staat tussen die twee spoortjes een paracitaire condensator, die u ook niet in het schema aantreft. Als die twee spoortjes toevallig verbonden zijn met de in- en de uitgang van een gevoelige versterker, dan zorgt deze paracitaire capaciteit voor een ongewenste terugkoppeling tussen de uitgang en de ingang, die een in principe stabiele schakeling aan het oscilleren kan zetten.

**LEES OOK:**
**Hoofdstuk 3/8.3**
**Hoofdstuk 3/8.4**
**Hoofdstuk 3/8.7**



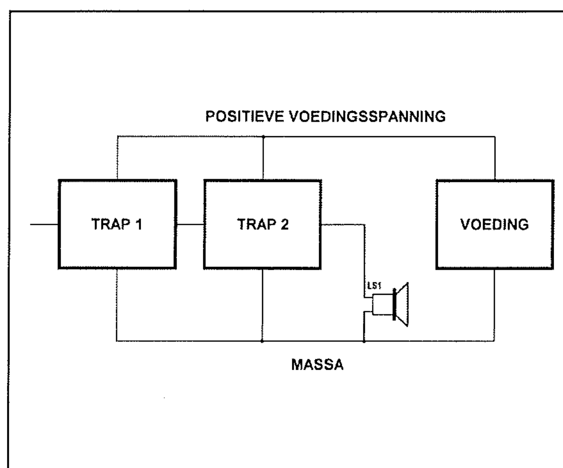
Als u door een dun draadje een forse pulsvormig verlopende stroom laat vloeien, dan kan de inductantie van dat draadje er voor zorgen dat er bij het plotseling wegvallen van de stroom ongewenste spanningstransiënten in het draadje ontstaan.
Kortom, als u een schema met pakweg twintig onderdelen omzet in een kant en klaar apparaat, dan krijgt u er ongevraagd en volledig gratis, dát wel, tientallen componenten bij!
Het is nu úw taak de invloed van deze ongewenste paracitaire componenten zo klein mogelijk te maken.

# De voeding

## Inleiding

U moet alle delen van een schema voorzien van minstens een voedingsspanning en de massa. In figuur 3/8.11-1 is het eenvoudigste voedingssysteem voorgesteld. Een voor- en een eindversterker worden gevoed uit één voedingsspanning. Vaak werken schakelingen echter met symmetrische voeding of met gemengde digitale en analoge voeding. In dat soort gevallen heeft u te maken met drie voedingslijnen die over de print lopen. Soms is het zelfs noodzakelijk de digitale en analoge delen van de schakeling van een afzonderlijke massa te voorzien die alleen op één punt mogen samenkomen.
In zo'n systeem moet u niet minder dan vijf voedingslijnen over uw print laten rondlopen:
- +12 V analoge voeding;
- -12 V analoge voeding;
- +5 V digitale voeding;
- analoge massa;
- digitale massa.

Het zal duidelijk zijn dat dit hoge eisen stelt aan de manier waarop u de lay-out van uw print ontwerpt.



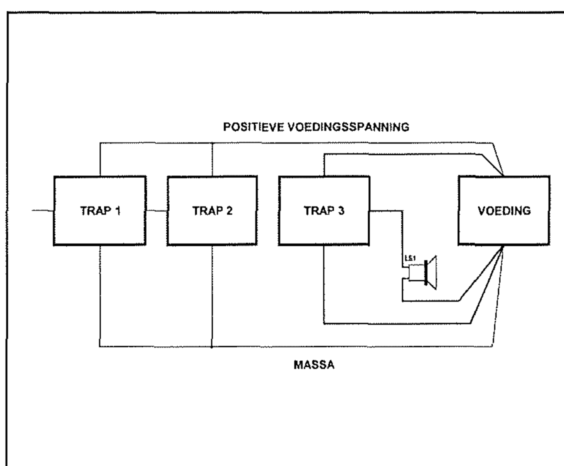

**Figuur 3/8.11-1:** Het meest eenvoudige voedingssysteem bestaat uit één voedingslijn en één massalijn die alle blokken van uw schema van spanning voorzien.

## Afzonderlijke voedingslijnen

Als u het voorrecht heeft met slechts één voedingsspanning te kunnen werken, lijkt het voor de hand te liggen de voedings- en massalijnen als twee lange lijnen over uw printplaat te leggen en alle punten die met de voeding of de massa verbonden moeten worden op deze twee lijnen aan te sluiten. Niet doen! In figuur 3/8.11-2 is de correcte oplossing geschetst. Weinig stroom verbruikende trappen, zoals voorversterkers, kunt u inderdaad volgens het "daisy-chained" principe voeden. Alle onderdelen die aan de voedingsspanning of de massa hangen kunt u met de twee lijnen verbinden. Schakelingen die veel stroom verbruiken moet u echter rechtstreeks verbinden met twee centrale punten op uw printplaat, waarop u de voeding en de massa aansluit. Als de voeding op uw

**8.11 Van schema tot kant en klaar apparaat**

printplaat is geïntegreerd zijn deze twee punten de positieve en de negatieve aansluiting van de primaire afvlakelco.
In het getekende voorbeeld moet u dus de eindversterker en de luidspreker rechtstreeks met de massa-aansluiting van de afvlakelco verbinden.




**Figuur 3/8.11-2:** Stroomvretende onderdelen moet u via eigen printsporen of draden met een centraal voedingspunt en een centraal massapunt verbinden.

## Breedte van de kopersporen

Het zal logisch zijn dat u bij het leggen van voedingspatronen op uw print ook rekening moet houden met de stroom die een schakeling verbruikt. In de tabel van figuur 3/8.11-3 is voor de twee standaard diktes van koperfolie op het basismateriaal aangegeven hoeveel stroom u door printsporen van 1, 2 en 3 mm breedte kunt jagen. Hierbij wordt uitgegaan van een omgevingstemperatuur van 25 °C en een maximale temperatuur van de printsporen van 65 °C. U ziet: dit valt wel mee, in de meeste gevallen kunt u dus 1 mm spoortjes aanleggen, zelfs voor de voeding van de MOSFET's van een eindversterker.

| GELEIDER BREEDTE | 35 µm KOPER | 70 µm KOPER |
|---|---|---|
| 1 mm | 5,5 A | 8,0 A |
| 2 mm | 8,0 A | 11 A |
| 3 mm | 10 A | 14 A |

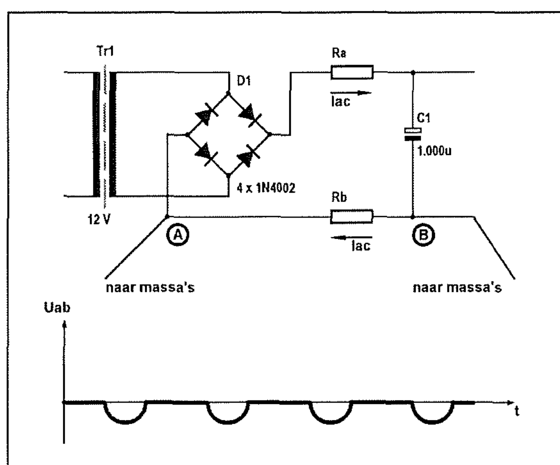
**Figuur 3/8.11-3:** Maximale stroom in functie van de breedte van kopersporen.

## Afstand tussen de kopersporen

Hoewel dat in de meeste schakelingen geen problemen zal geven, vermelden wij voor de volledigheid dat er tussen naast elkaar gelegen printsporen een afstand van 1 mm per 150 V spanningsverschil aanwezig moet zijn.

## Afvlakelco

Wij hebben geschreven dat de primaire afvlakelco hét verzamelpunt moet zijn van alle printsporen die de voedingsspanning en de massa transporteren. Waarom is dat zo? Dat proberen wij u duidelijk te maken aan de hand van figuur 3/8.11-4.



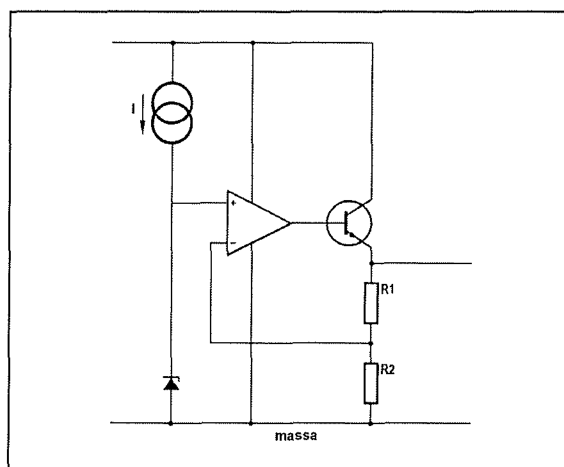

**Figuur 3/8.11-4:** Uit deze figuur volgt duidelijk waarom u centrale verzamelpunten voor de voeding en de massa moet introduceren.

**8.11 Van schema tot kant en klaar apparaat**

Tussen de bruggelijkrichter en de afvlakelco zit een aantal centimeter printspoor. De afvlakelco wordt honderd keer per seconde met een flinke stroom opgeladen uit de bruggelijkrichter. Tussen de punten A en B vloeit dus honderd keer per seconde een flinke stroom. Als u ontwerpt met een printspoor van 1,6 mm tussen de gelijkrichter en de elco moet u rekening houden met een soortelijke weerstand van 3,2 mΩ per centimeter. Als u een printspoortje van tien centimeter aanlegt heeft dit spoortje een weerstand van 32 mΩ. Iedere ampère stroom die door dit printspoortje vloeit veroorzaakt dus een spanningsval van 32 mV. Dat lijkt weinig, maar als u er rekening mee houdt dat de piekstroom bij het laden van de elco gemakkelijk 10 A kan bedragen, dan staat er tussen de punten A en B van uw print honderd keer per seconde een spanningsval van 320 mV.
Als u de massa van sommige schakelingen verbindt met punt A en de massa van andere schakelingen met punt B, dan staat tussen deze twee massapunten een spanningsverschil van 0,32 V met een frequentie van 100 Hz. Is het dan verbazingwekkend dat uw lay-out een heleboel 100 Hz brom in uw schakeling introduceert?
Kortom: de richtlijn dat u alle massa- en voedingsaansluitingen via de kortst mogelijke verbinding met de positieve en negatieve aansluiting van de voedingselco moet verbinden is geen theoretische richtlijn, maar een door de harde praktijk voorgeschreven eis waar u zich moet aan houden.

**Spanningsstabilisatoren**

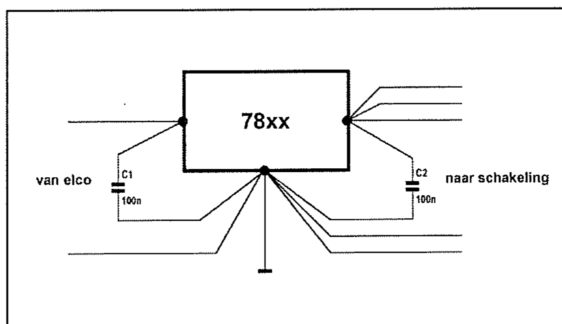
Ook u gebruikt ongetwijfeld de handige driepoten van de 78xx en 79xx familie als u gestabiliseerde voedingsspanningen nodig heeft. Het lijkt zo eenvoudig: op één pootje de ongestabiliseerde spanning aansluiten, op het tweede pootje de massa en op het derde pootje staat een mooie gestabiliseerde spanning ter beschikking. Maar ook hier kan de spanningsval over printspoortjes voor problemen zorgen. In figuur 3/8.11-5 hebben wij het principiële schema van zo'n driepoot getekend.




**Figuur 3/8.11-5:** Het intern blokschema van een geïntegreerde spanningsstabilisator.

Tussen de uitgang en de massa staat een spanningsdeler die een deel van de uitgangsspanning terugkoppelt naar een verschilversterker. Deze versterker vergelijkt deze spanning met een interne stabiele referentiespanning en zorgt ervoor dat beide spanningen onder alle omstandigheden aan elkaar gelijk blijven. Een stabiele constante uitgangsspanning is het resultaat.
Als u gebruik maakt van zo'n spanningsstabilisator, dan moet u het centrale massapunt van de elco verplaatsen naar de massa pen van de stabilisator. Dit is voorgesteld in figuur 3/8.11-6. Van de min van de elco gaat één printspoor naar de

massa van de stabilisator. Op dit soldeereilandje sluit u vervolgens alle massalijnen op de print aan. Dit is de enige garantie dat de in figuur 3/8.11-5 getekende spanningsdeler écht het spanningsverschil tussen de uitgangsspanning van de stabilisator en de massa meet en u beloont met een mooie constante voedingsspanning. In het schema ziet u de twee condensatoren tussen de massa enerzijds en de in- en uitgangspennen anderzijds. Die twee 100 nF onderdeeltjes mag u nooit vergeten! Zij zorgen voor het stabiliseren van de uitgangsspanning en moeten zo dicht mogelijk bij de pennen van de stabilisator op de print lay-out worden opgenomen.

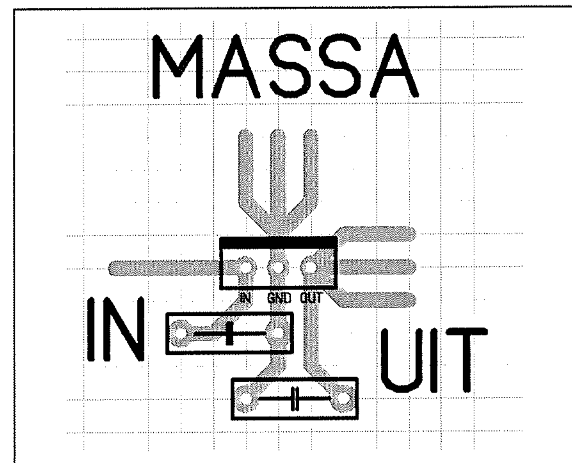



**Figuur 3/8.11-6:** Het aansluiten van voeding en massa op de uitgangen van een geïntegreerde spanningsstabilisator.

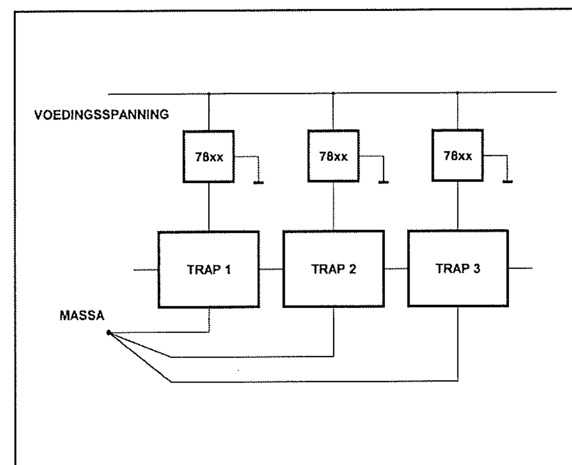
In figuur 3/8.11-7 hebben wij de lay-out van een print rond de 87xx spanningsstabilisator getekend. U kunt gebruik maken van condensatoren met een raster van 7,5 mm. Vanaf de soldeereilandjes "GND" en "OUT" vertrekken de printbanen die de voedingsspanning en de massa distribueren.

**Voedingsdistributie**

Tegenwoordig zijn er kleine spanningsstabilisatoren te koop in TO-92 behuizing, die nog geen € 0,50 kosten en 100 mA kunnen leveren. In grote systemen wordt het dan interessant gebruik te maken van het systeem dat in figuur 3/8.11-8 is voorgesteld.




**Figuur 3/8.11-7:** De standaard print lay-out rond een 78xx spanningsstabilisator.




**Figuur 3/8.11-8:** Door gebruik te maken van decentrale spanningsstabilisatie sluit u onderlinge beinvloeding via de voedingslijn volledig uit.

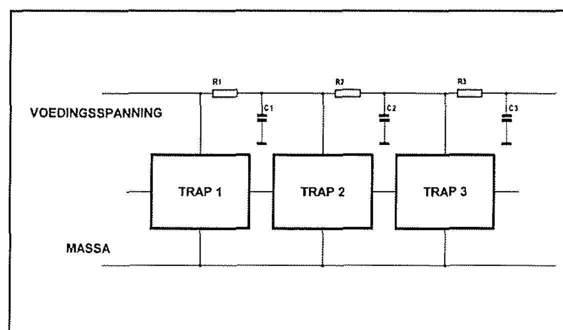
In plaats van een zware stabilisator in te schakelen, kunt u diverse kleine stabilisa-

toren toepassen, die ieder één blok van het volledige schema van spanning voorzien. Onderlinge beïnvloeding van de deelschema's via de voedingslijnen wordt hierdoor geminimaliseerd. Let op de manier waarop de massa's van de blokken tóch weer via afzonderlijke lijnen naar een centraal massapunt gaan.

### Ontkoppeling bij batterijvoeding

Als u een schema omzet in een accu- of batterijgevoed apparaat komt het er op aan zoveel mogelijk vermogen te sparen. U moet daarbij wél realiseren dat een accu of batterij een vrij hoge inwendige weerstand heeft. Een standaard NIMH accu van het type PP3 (8,4 V bij 170 mAh) heeft een inwendige weerstand van ongeveer 10 Ω in geladen toestand. Deze weerstand kan flink oplopen als de accu ontladen wordt. Het zal duidelijk zijn dat een variërende belastingsstroom tot gevolg heeft dat de accuspanning niet constant blijft. De stroom wekt immers over de inwendige weerstand een spanningsval op en deze spanningsval wordt afgetrokken van de klemspanning van de accu. Het gevolg is dat de voedingsspanning van uw schakeling flink kan variëren. Dit uit zich onder de vorm van een wisselspanningssignaal dat als het ware op de voedingsspanning is gesuperponeerd. Een deel van dit signaal kan in uw schakeling terecht komen, bijvoorbeeld via een weerstandsdeler waarmee u een ingang van een op-amp op de helft van de voedingsspanning instelt. Het zal duidelijk zijn dat u dan de poppen aan het dansen zet!

U moet, bij accu- of batterijgevoede apparatuur, veel aandacht besteden aan de ontkoppeling van de voedingsspanning. Deze ontkoppeling moet er voor zorgen dat de gevoeligste delen van uw schakeling zo min mogelijk last hebben van dit wisselspanningssignaal op de voedingsspanning. In plaats van iedere trap te voorzien van een eigen stabilisator kunt u in weinig stroom vragende schakelingen ook het schema van figuur 3/8.11-9 toepassen. Alle trappen worden gevoed uit één voedingslijn, maar tussen iedere trap is een RC laagdoorlaat filter opgenomen. Deze filters hebben tot taak de wisselspanningsschommelingen op de accuvoeding zo veel mogelijk te dempen en te onderdrukken. Uiteraard valt er over iedere weerstand een bepaalde spanningsval en naarmate u meer in de keten naar voren gaat daalt de beschikbare waarde van de voedingsspanning. In de meeste gevallen is dat niet zo'n ramp, omdat de gevoeligste schakelingen genoegen nemen met een lage voedingsspanning.




**Figuur 3/8.11-9:** Het ontkoppelen van de voedingslijn in een accugevoed apparaat.

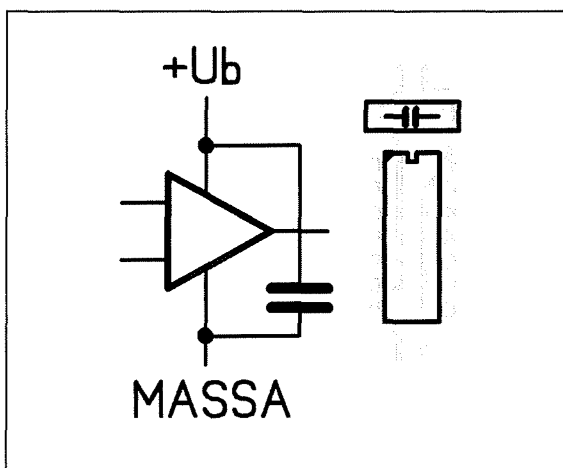
Als u bijvoorbeeld het schema van een hoofdtelefoon versterker heeft omgezet in een batterijgevoed apparaat en dit heeft last van het beruchte "motorboaten", een verschijnsel waarbij op de uitgang een geluid als van een op hoge snelheid varende motorboot te horen is, dan kunt u door alle trappen van de versterker op de beschreven manier van een

**8.11 Van schema tot kant en klaar apparaat**

RC-netwerkje te voorzien dit verschijnsel elimineren. Hoe groter u de waarde van de condensatoren kiest, hoe effectiever de ontkoppeling tussen de verschillende trappen wordt. U kunt natuurlijk ook de weerstanden vergroten, maar het gevolg is uiteraard dat de beschikbare voedingsspanning daalt.

### Locale ontkoppeling

Moderne snelle operationele versterkers en comparatoren eisen dat de voedingsspanning een zo laag mogelijke impedantie heeft. Een tiental centimeter printbaan heeft bij een frequentie van een paar MHz een niet te verwaarlozen impedantie en instabiliteit kan het gevolg zijn. De oplossing voor dit probleem is het opnemen van een ontkoppel condensator en wel zo dicht mogelijk bij de voedingspennen van het IC. Dit wordt voorgesteld in figuur 3/8.11-10. In de meeste gevallen volstaat een condensator van 100 nF per IC. U moet wél condensatoren met goede hoogfrequent eigenschappen toepassen.



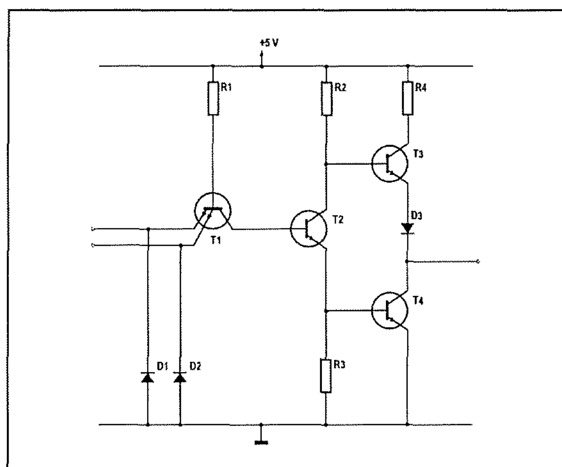

**Figuur 3/8.11-10:** Decentrale ontkoppeling met een condensator per IC zorgt voor een voedingslijn met een zeer lage impedantie.

Deze techniek moet u ook toepassen tussen de drie pennen van een geïntegreerde spanningsstabilisator, zie figuur 3/8.11-7.

### Ontkoppeling van digitale IC's

Digitale IC hebben tegenwoordig vrijwel allemaal een totem-pole uitgangstrap. Het principe van zo'n trap is geschetst in figuur 3/8.11-11. Als de uitgang "H" wordt geleidt T3 en spert T4. Als de uitgang "L" wordt geleidt T4 en spert T3. Een mooi principe, maar in de praktijk zorgen de niet oneindig kleine schakeltijden van transistoren voor grote problemen.

Het omschakelen van beide halfgeleiders van geleiden naar sperren of van sperren naar geleiden duurt een bepaalde tijd. Gedurende deze tijd ontstaat er een gesloten laag impedant stroompad van de voeding via R4, T3, D3, T4 naar de massa. De schakeling trekt dan even een onbehoorlijk grote stroom uit de voeding.




**Figuur 3/8.11-11:** Uit dit schema van een standaard TTL-schakeling blijkt het belang van goede ontkoppeling van de voedingsspanning.

**8.11 Van schema tot kant en klaar apparaat**

Die stroom vloeit natuurlijk door de dunne koperspoortjes die de voeding en de massa distribueren en kunnen voor flinke spanningstransiënten op deze lijnen zorgen. Het is dus van het allergrootste belang dat u digitale IC's locaal ontkoppelt door het aanbrengen van een condensator van minstens 100 nF tussen de voedings- en massapennen. In uitgebreide digitale schakelingen wordt bovendien geadviseerd per tien IC's een tantaalelco van 10 μF tussen de voedings- en massalijnen aan te brengen.

### Ontkoppelcondensatoren

Condensatoren zijn geen perfecte componenten en hebben bijvoorbeeld last van inductantie en resistantie. Zij hebben dus een bepaalde "weerstand" en "spoel" die in serie met de condensator staan. Alweer twee "verborgen" onderdelen die u niet op het schema ziet staan! Nauwkeurigheid en stabiliteit zijn niet zo belangrijk als u condensatoren inzet als locale ontkoppelcondensatoren. Veel belangrijker is dat zij een zo laag mogelijke serieweerstand en -inductantie hebben. "Natte" elektrolytische condensatoren zijn dan ook absoluut niet toegestaan. Het best kunt u ceramische types gebruiken, die tegenwoordig zonder problemen tot 100 nF in de handel zijn.
Wilt u hier en daar op uw print een kleine elco opnemen tussen voeding en massa, dan raden wij u het gebruik van tantaalcondensatoren aan. Deze hebben veel betere eigenschappen dan traditionele elco's. Tantaaltjes hebben wel één probleem: de laad- en ontlaadstromen mogen niet te groot zijn. Dat betekent dat het circuit waaruit zij worden geladen en het circuit waarin zij zich ontladen een bepaalde minimale weerstand moeten hebben. In de praktijk wordt uitgegaan van een weerstand van 30 mΩ per volt voedingsspanning.

## De aarding

### Inleiding

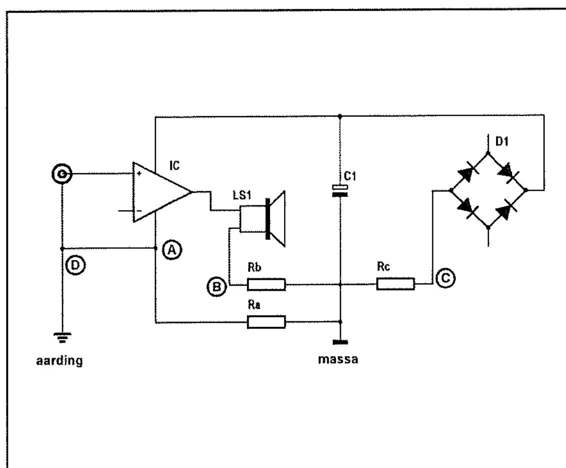
De aarding vormt natuurlijk een integraal onderdeel van de voedingsverdeling op uw print en in uw apparaat. De aarding is immers meestal verbonden met de massa en u kunt dus de zaken omkeren en zeggen dat de massa van uw schakeling een integraal onderdeel uitmaakt van de aarding van uw schakeling. Maar aarding speelt natuurlijk een tweede belangrijke rol en dat is zorgen voor afscherming van de elektronica in uw apparaat tegen ongewenste beïnvloeding door de boze buitenwereld.
Het is nu deze dubbelrol van de aarding, onderdeel van de voedingsdistributie en afscherming tegen invloeden, die vaak tot grote problemen kan leiden.

### Nul volt moet ook nul volt zijn

Alle punten die met de massa of de aarding zijn verbonden moeten op 0 V staan. Dit lijkt logisch, maar in de praktijk heeft u te maken met het vervelende feit dat iedere elektrische geleider een bepaalde weerstand heeft. Het gevolg is dat het niet per definitie zo is dat alle aardingspunten op hetzelfde potentiaal staan. In figuur 3/8.11-12 hebben wij een typische illustratie geschetst van dit verschijnsel. U moet het schema van een audio eindversterker omzetten in een kant en klaar apparaat. De eindversterker, stel een module van Amplimo, heeft een massa-aansluiting. De luidspreker moet ook naar de massa. Versterker en luidspreker worden gevoed uit de voe-

**8.11 Van schema tot kant en klaar apparaat**

ding die ook een massa heeft. Zoals het hoort verbindt u de massa van het systeem bij het meest gevoelige punt, dus de ingang, met de aarding van het systeem. U maakt al die massaverbindingen, deels op uw print en deels via externe bedrading naar de luidsprekeruitgang. Als gevolg van de niet uit te vlakken soortelijke weerstanden van uw verbindingen krijgt u te maken met drie weerstandjes Ra, Rb en Rc, die in de massa- en aardingsverbindingen van uw apparaat zitten. Door deze drie weerstanden vloeien stromen, met als gevolg dat er spanningen over vallen.




**Figuur 3/8.11-12:** Waarom 0 V niet altijd 0 V is blijkt uit dit schema van een laagfrequent eindversterker.

Besluit: U heeft nu vier punten A, B, C en D die allemaal op nul volt moeten staan. Vanwege de aanwezigheid van de verborgen weerstanden Ra, Rb en Rc zullen er echter tussen deze punten spanningsverschillen ontstaan. De stromen die door deze weerstanden vloeien wekken wisselspanningen op, die zich uiten onder de vorm van ongewenste signaalspanningen. De ingang ziet deze spanningen in serie staan met het toegevoerde te versterken signaal. De gevolgen kunnen dramatisch zijn: brom, oscillatie, motorboating!

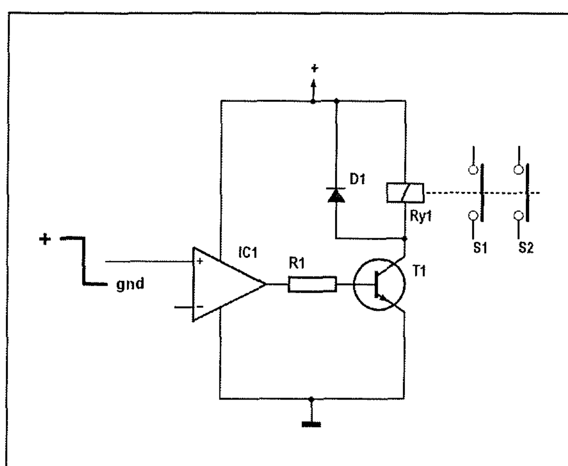
**Symmetrische voeding**

De beste manier om ervoor te zorgen dat uw aarding “schoon” is, is uw apparatuur zo te bouwen dat er zo min mogelijk stroom door de massa en aarding loopt. Als u met enkelvoudige voeding werkt is het niet te voorkomen dat er stroom door de massaleiding vloeit. De massa is dan immers de retourleiding van de voeding.
Als u echter met symmetrische voeding werkt is het in de meeste gevallen mogelijk de stroom door de massa tot nul te reduceren. Het komt er dan op aan de schakeling zó te ontwerpen dat er uit de positieve en uit de negatieve voeding even veel stroom wordt getrokken. Er vloeit dan geen stroom door de massa, zodat er ook geen spanningen over de massaleidingen kunnen ontstaan.

**Een voorbeeld**

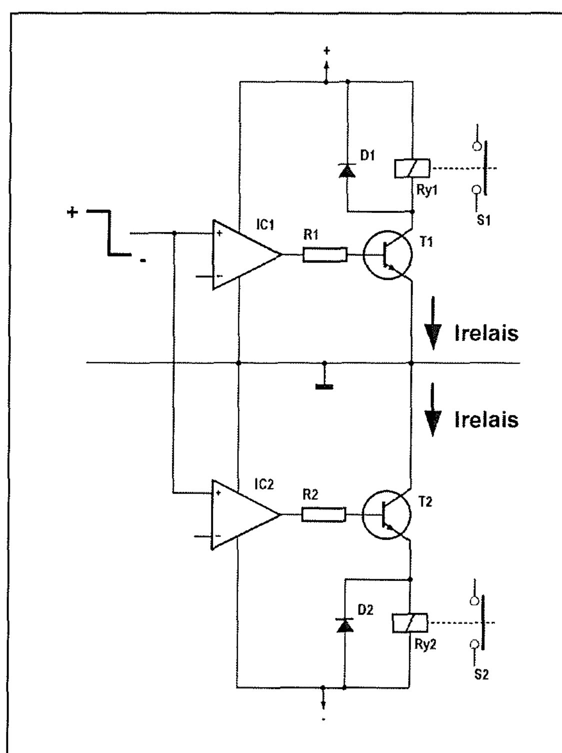
Laat ons even een voorbeeld van deze techniek behandelen. In een bepaald schema staat een relais dat twee schakelaars bedient. De meest voor de hand liggende schakeling om dit probleem op te lossen is geschetst in figuur 3/8.11-13. U ontwerpt een eindtrapje bestaande uit een stuurtrap IC1 die via de weerstand R1 de transistor T1 in sper of geleiding stuurt. Het relais slaat aan als de uitgangsspanning van A1 positief wordt. Het relais schakelt de twee schakelaars S1 en S2. Niets op tegen, maar de relaisstroom vloeit wél af via de massaverbinding naar de min van de voeding. In gevoelige schakelingen kan deze stroom een massaspanning tot gevolg hebben. Als deze relaisschakeling onderdeel uit-

maakt van een gevoelige audioversterker kan het gevolg zijn dat er een "plop" uit de luidspreker klinkt op het moment dat het relais in- en uitschakelt.




**Figuur 3/8.11-13:** De standaard manier voor het inschakelen van een relais veroorzaakt een stroom door de massaleidingen.

In figuur 3/8.11-14 is een oplossing getekend, die dit nadeel niet heeft. U maakt nu gebruik van twee identieke relais. Ry1 wordt weer gevoed tussen de positieve voeding en de massa, Ry2 wordt gevoed tussen de massa en de negatieve voeding. Op het moment dat de ingangsspanning positief wordt, gaan beide transistoren geleiden. Door beide relais vloeien even grote stromen en deze stroom vloeit rechtstreeks van de positieve voeding naar de negatieve voeding. Er vloeit géén stroom door de massa! Als de ingangsspanning negatief wordt gaan beide transistoren sperren en vallen beide relais af. U moet natuurlijk wel alle punten die aan de massa liggen met zo kort mogelijke printlijnen met elkaar verbinden. Bijvoorbeeld: de emitter van T1 en de collector van T2 moeten zo dicht mogelijk bij elkaar op de print staan, zodat de stroom rechtstreeks van emitter naar collector vloeit.



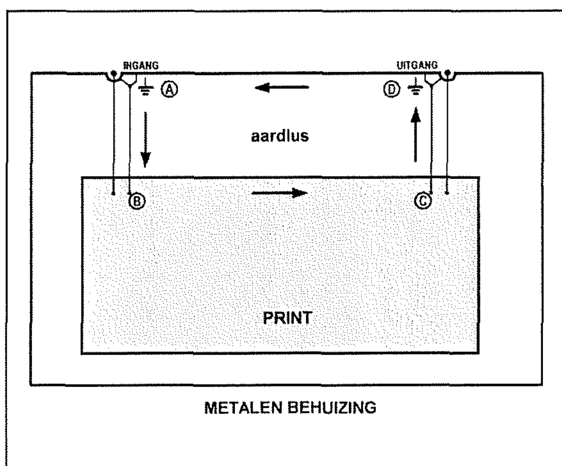

**Figuur 3/8.11-14:** Een oplossing voor de relaisschakeling, waarbij er geen stroom door de massa vloeit als de relais worden bekrachtigd.

Het voornaamste verschil tussen beide schema's is dat u in figuur 3/8.11-13 kunt werken met een stuursignaal tussen $+U_b$ en 0 V, terwijl u in het schema van figuur 3/8.11-14 een stuursignaal nodig heeft tussen $+U_b$ en $-U_b$.

## Aardlussen

Aardlussen vormen een van de interessantste problemen die u als apparaatbouwer moet oplossen. Laten wij maar eerst het probleem duidelijk stellen en dat aan de hand van het voorbeeld van een audioversterker. Wat u nooit ofte

nimmer mag doen is geschetst in figuur 3/8.11-15. De schakeling zit op een print, de in- en uitgang heeft u gemonteerd in de aluminium behuizing. Tussen de print en de connectoren voor de in- en uitgangen heeft u keurig twee afgeschermde draadjes aangebracht.




**Figuur 3/8.11-15:** Het ontstaan van een aardlus door op een ondeskundige manier afgeschermde kabeltjes op twee punten te aarden.

De afschermingen verbindt u met de massa op de print (punten B en C) én bij de connectoren met het chassis (punten A en D). Dat lijkt een perfecte afscherming en in feite is dat ook zo, maar u introduceert wél een aardlus van jewelste. Door de afscherming van de kabeltjes aan weerszijden met de massa van de print en met het chassis te verbinden ontstaat er een gesloten lus, een zogenaamde aardlus. Door deze lus kan nu een stroom I gaan circuleren: van punt A via de afscherming van de ingangskabel naar punt B, van dit punt via de massasporen op uw print naar punt C. Via de afscherming van uw uitgangskabel vloeit de stroom naar punt D en vandaar via het aluminium van uw behuizing weer naar punt A. Deze lusstroom kan in de soortelijke weerstand van het aluminium van uw behuizing en het koper op uw print een kleine spanning U opwekken. De schakeling ziet deze spanning in serie staan met het te versterken ingangssignaal en u heeft de poppen weer aan het dansen.

U moet deze massalus onderbreken en de eenvoudigste oplossing is de aarding van de afscherming van de uitgangskabel op punt D los te koppelen.

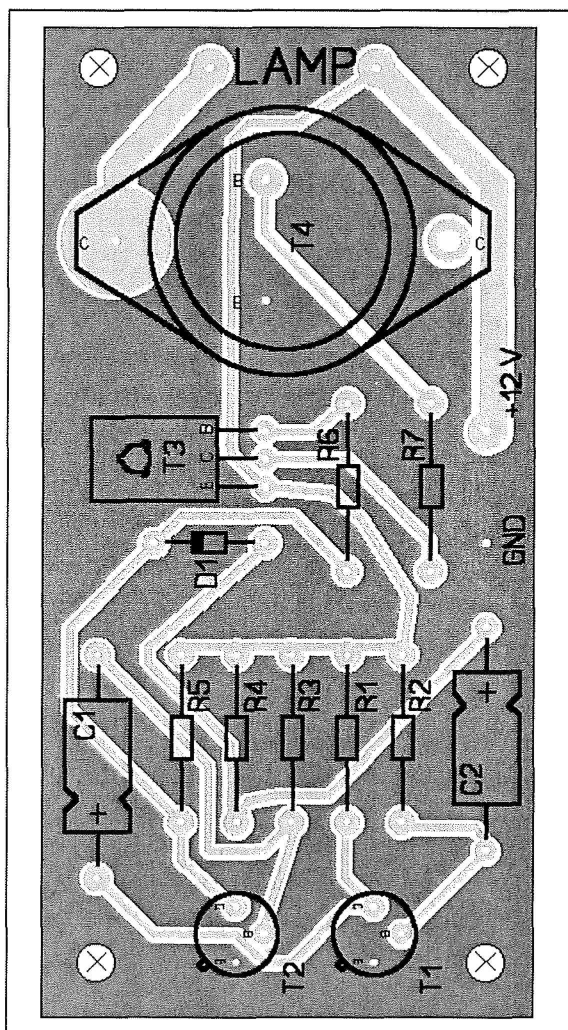
In het algemeen gesteld mag u maar één aardingspunt in een apparaat hebben. Op dat punt sluit u de massa van uw print aan en de afscherming van de kabel die het meest gevoelige signaal transporteert.

## Aardlussen op printplaten

Tegenwoordig worden printen vaak voorzien van een “ground plane”. Printontwerp programma’s zoals Sprint Layout versie 4.0 van Abacom hebben zelfs een optie, waarmee u met één klik op de knop de print kunt voorzien van zo’n plane.

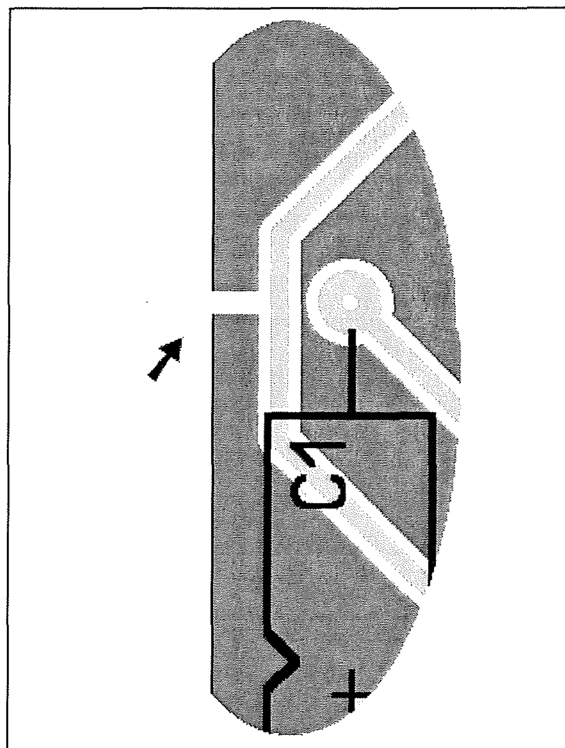
In figuur 3/8.11-16 hebben wij een typisch voorbeeldje van zo’n print geschetst. Om een en ander duidelijk te maken hebben wij de “ground plane” donkerder afgedrukt. Milieuvriendelijk omdat er zo min mogelijk koper weggeetst moet worden en bovendien gemakkelijk te frezen. Alle punten die met de massa van het schema zijn verbonden, liggen aan het ground plane. Maar het zal duidelijk zijn dat u hierdoor alweer een prachtige aardlus introduceert en deze keer op uw print. De massastroom kan nu immers vrijelijk over het ground plane vloeien en dat plane vormt een gesloten lus.

**8.11 Van schema tot kant en klaar apparaat**




**Figuur 3/8.11-16:** Door het aanbrengen van een ground plane op uw printontwerp introduceert u ongewild een prachtige aardlus.

Ook hier is de oplossing voor de hand liggend: u moet het ground plane ergens onderbreken en wel zo dat het plane geen gesloten lus vormt op uw print. In het getekende voorbeeld zou u bijvoorbeeld de plane kunnen onderbreken boven de condensator C1, zie figuur 3/8.11-17. De gesloten lus wordt onderbroken, maar alle punten die aan de massa moeten liggen zijn nog steeds verbonden met deze levensader van uw schakeling.



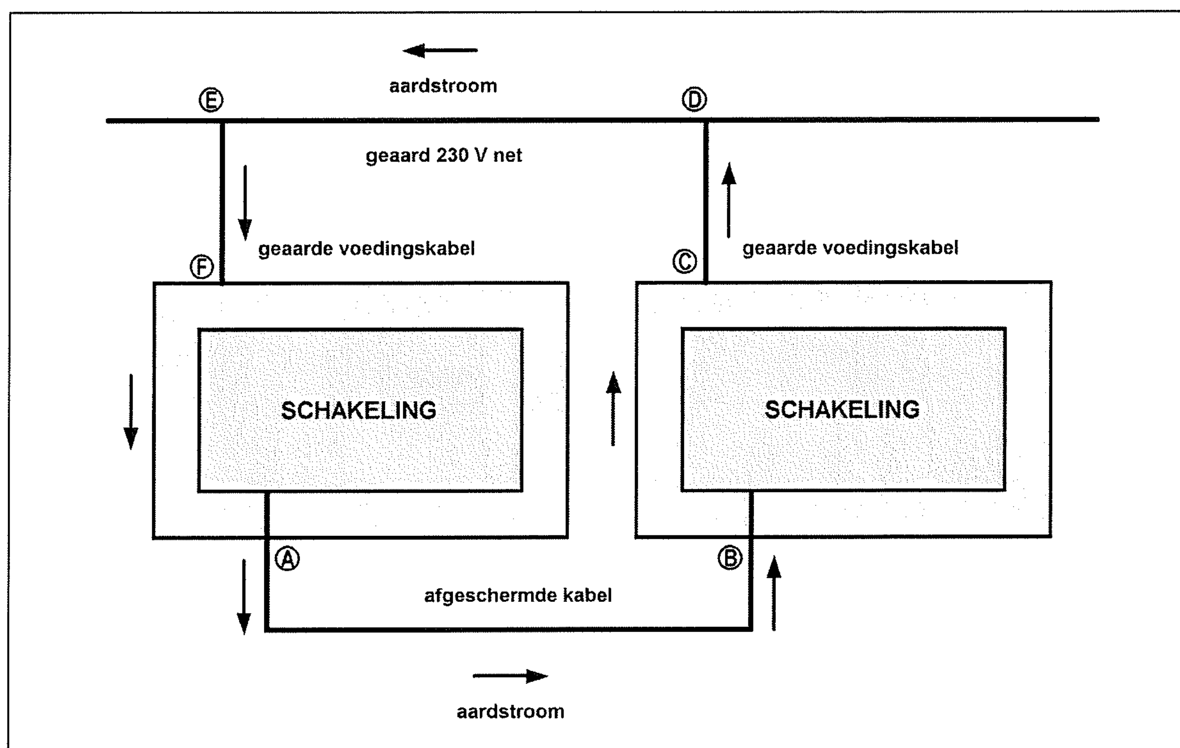

**Figuur 3/8.11-17:** Door het op de juiste plaats onderbreken van het ground plane schakelt u de gesloten massalus uit.

In digitale systemen spelen aardlussen op uw printplaat geen rol. De lusstroom introduceert immers hooguit een paar tientallen mV in de lus. Deze spanning kan dodelijk zijn voor analoge schakelingen, maar digitale schakelingen hebben zo'n hoge ongevoeligheid voor dergelijke kleine ruissignalen dat u geen problemen hoeft te verwachten.

**Geaarde netstekkers**

Metalen behuizingen moeten met de aarding van uw 230 V net worden verbonden.

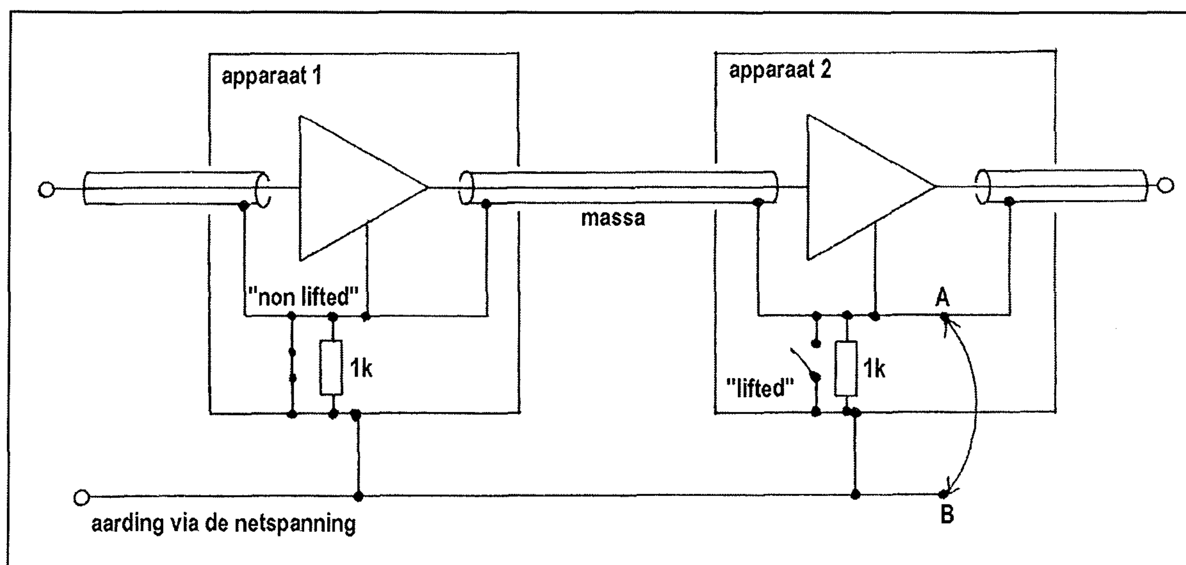
## 8.11 Van schema tot kant en klaar apparaat




**Figuur 3/8.11-18:** Het ontstaan van een aardlus als gevolg van de verplichte aarding van twee in een metalen behuizing ondergebrachte apparaten.

Om uw schakelingen optimaal af te schermen heeft u echter ook de massa van uw schakeling op één punt verbonden met het chassis. Het zal duidelijk zijn dat ook dit een prachtig middel is voor het creëren van ongewenste aardlussen. Dit verschijnsel wordt toegelicht aan de hand van figuur 3/8.11-18. U heeft twee apparaten gebouwd, die door middel van een afgeschermde kabel met elkaar worden verbonden. Beide apparaten zijn netgevoed en de behuizingen zijn dus met de aarding van het 230 V net verbonden (punten C en F). In beide apparaten zit een print, waarvan u de massa volgens de regels van de kunst op één punt met het chassis heeft verbonden (punten A en B). Er ontstaat nu een gesloten aardlus A-B-C-D-E-F-A, waarin een ongewenste aardstroom I kan gaan vloeien. Dit is een vervelende situatie, waar geen eenvoudige oplossing tegen te verzinnen is. Het domste dat u kunt doen is de netkabel van een van de apparaten (of beide) uit de geaarde wandcontactdozen te verwijderen en op het net aan te sluiten via een ongeaarde wandcontactdoos. Het probleem van de aardlus is dan inderdaad verdwenen, maar u creeert een levensgevaarlijke situatie. Als er in een van uw apparaten een kortsluiting naar aarde ontstaat, bijvoorbeeld in een voedingstrafo, dat bestaat de kans dat de behuizing van uw apparaat op 230 V komt te staan. Als die behuizing geaard was, dan zou onmiddellijk de aardlekschakelaar afslaan als u het apparaat aanraakte. U krijgt even een schok, maar dat is alles. Als het apparaat echter niet is geaard, dan bestaat de kans dat u aan het

**8.11 Van schema tot kant en klaar apparaat**




**Figuur 3/8.11-19:** Het principe van "groundlifting" toegepast op een systeem dat uit twee geaarde apparaten bestaat.

apparaat "blijft plakken" doordat uw spieren verkrampen en is de kans groot dat wij u als abonnee kunnen afschrijven.

### Groundlifting

De enige goed oplossing voor dit probleem is gebruik te maken van een techniek die "groundlifting" heet. Deze techniek wordt voorgesteld in figuur 3/8.11-19. U moet er op de eerste plaats voor zorgen dat er nergens een rechtstreeks contact bestaat tussen de massa van uw schakeling en de aarding van de behuizing. Vervolgens brengt u een kleine weerstand van bijvoorbeeld 1 kΩ aan tussen de massa en de aarding. De impedantie van deze weerstand is laag genoeg om ervoor te zorgen dat massa en aarde voor de signaalspanning op een en hetzelfde niveau staan. De impedantie van de weerstand is anderzijds zo groot dat de waarde van een eventueel optredende lusstroom tot een onschadelijke waarde wordt gereduceerd. Immers, in de gesloten aardlus staat nu een impedantie van 2 x 1 kΩ.

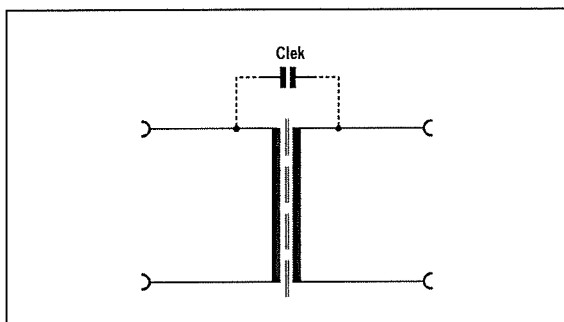
## Koppelingen

### Inleiding

Onder koppeling verstaan wij in dit kader ongewenste elektrisch geleidende verbindingen tussen onderdelen die volgens het schema niet met elkaar verbonden zijn. Koppelingen ontstaan door paracitaire capaciteiten, inducties en weerstanden die onzichtbaar tussen onderdelen aanwezig zijn, maar wél hun invloed doen gelden. Let wel! Omdat deze koppelingen meestal ontstaan door paracitaire capaciteiten kunt u ze niet opsporen met een weerstandsmeter! Deze meet immers met gelijkspanning en voor gelijkspanning hebben deze paracitaire capaciteiten een oneindig hoge weerstand. De koppelingen komen alleen aan het licht als u een wisselspanningssignaal door uw schakeling stuurt.

**8.11 Van schema tot kant en klaar apparaat**

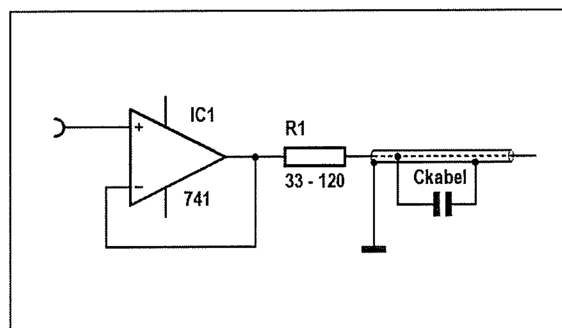
In figuur 3/8.11-20 hebben wij een eenvoudig voorbeeld van zo'n koppeling getekend. Tussen de primaire en secundaire wikkelingen van iedere trafo staat een paracitaire capaciteit. Deze ziet u niet, maar ze introduceert wél een impedantie tussen de twee wikkelingen, die volgens uw schema helemaal los van elkaar staan. Die impedantie kan dan weer een ongewenste stroom door uw schakeling tot gevolg hebben.




**Figuur 3/8.11-20:** Een voorbeeld van een ongewenste capacitieve koppeling, in dit geval tussen de primaire en secundaire wikkelingen van een trafo.

Koppelingen in een schakeling of apparaat kunnen voor grote problemen zorgen en het is dus van het grootste belang dat u ze herkent en weet hoe u maatregelen kunt treffen om hun schadelijke invloed te minimaliseren.

**Afgeschermde kabels**
Een afgeschermde kabel bestaat uit een centrale koperen ader, omgeven door een uit koperdraad gevlochten afscherming. Tussen beide geleiders zit een isolerende stof. Een afgeschermde kabel is dus het schoolvoorbeeld van een condensator, die immers uit twee geleidende platen bestaat, gescheiden door een diëlectricum. Een afgeschermde kabel heeft dus een eigen capaciteit waarvan de waarde afhangt van de constructie van de kabel en de lengte van de kabel.
Deze paracitaire kabelcapaciteit kan voor grote problemen zorgen. Als u bijvoorbeeld een breedbandige operationele versterker, die voorzien is van een negatieve terugkoppeling, rechtstreeks aansluit op een lange afgeschermde kabel, dan kan de paracitaire capaciteit van de kabel er voor zorgen dat de versterker instabiel wordt en in het ongunstigste geval gaat oscilleren.
Een oplossing voor dit probleem is getekend in figuur 3/8.11-21. Als u tussen de uitgang van de op-amp en de kabel een klein weerstandje opneemt, een waarde tussen 33 Ω en 120 Ω voldoet meestal, dan wordt de invloed van de kabelcapaciteit C gedempt en zal de schakeling stabiel blijven werken.




**Figuur 3/8.11-21:** Het dempen van de invloed van de kabelcapaciteit door het introduceren van een kleine serieweerstand.

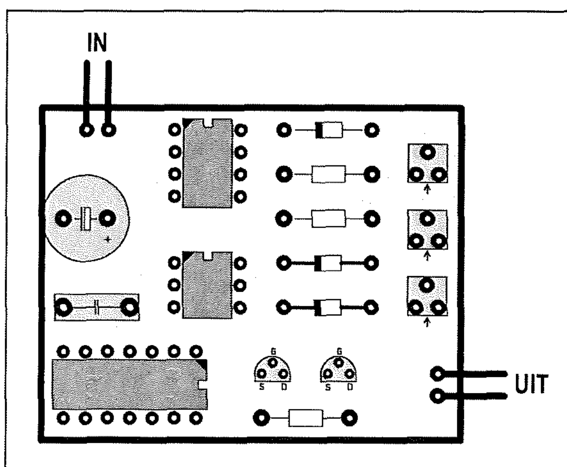
Let op! De serieweerstand introduceert, samen met de capaciteit van de kabel, een mooi eerste orde laagdoorlaat filtertje. Het gevolg is dat de bandbreedte van uw schakeling dramatisch kan dalen. Bij het bepalen van de waarde van de serieweerstand moet u dus ook altijd rekening houden met de gewenste band-

**8.11 Van schema tot kant en klaar apparaat**

breedte, oftewel wat de maximale signaalfrequentie is. U moet dus een compromis zoeken tussen minimale signaalverzwakking en maximale demping van de invloed van de kabelcapaciteit.

**In- en uitgangen**

Tussen alle voorwerpen die op een bepaalde afstand van elkaar staan, staat een capacitieve capaciteit. Deze algemene regel geldt dus ook voor de soldeerpennetjes, waarop u de in- en uitgangssignalen van uw schakeling aansluit. Een gouden regel is dat u deze soldeerpennetjes zo ver mogelijk uit elkaar monteert, zie figuur 3/8.11-22. Dit geldt zeker voor gevoelige schakelingen, zoals laagfrequent voorversterkers en alle hoogfrequent schakelingen.



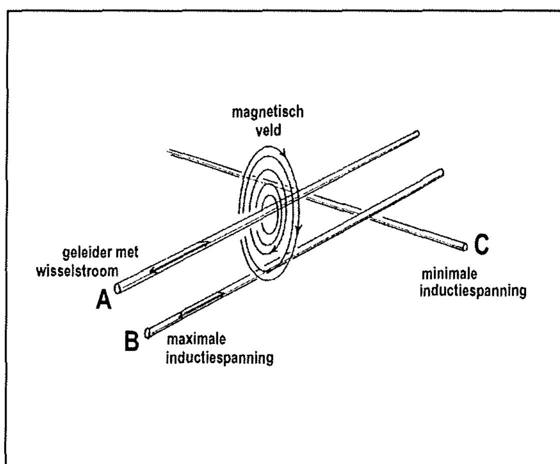

**Figuur 3/8.11-22:** Een gouden regel: monteer de soldeerpennetjes voor de in- en uitgangen zo ver mogelijk van elkaar!

**IC-voetjes**

IC-voetjes kunnen een vrij grote capaciteit hebben, de pennetjes staat immers maar 2,5 mm uit elkaar. Sommige IC-fabrikanten adviseren geen voetjes te gebruiken, maar de IC's rechtstreeks in uw print te solderen. Een remedie die soms kan helpen is alle niet gebruikte pennetjes uit het IC-voetje te verwijderen en het dán op uw print te solderen.

**Inductieve koppeling**

Inductieve koppeling is een nog moeilijker te bevatten verschijnsel dan capacitieve koppeling. De oorzaak is duidelijk en geschetst in figuur 3/8.11-23. Rond iedere elektrische geleider, waardoor een wisselende stroom vloeit, ontstaat een wisselend magnetisch veld. Maar: in een geleider die zich in een wisselend magnetisch veld bevindt, ontstaat een wisselstroom. De grootte van deze wisselstroom is niet alleen afhankelijk van de sterkte van het magnetisch veld, maar ook van de lengte van de geleider die onderworpen is aan het magnetisch veld.



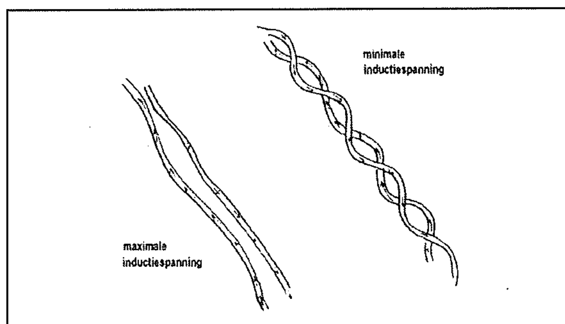

**Figuur 3/8.11-23:** Het verschijnsel magnetische inductie toegelicht.

Als u dus twee geleiders parallel heeft lopen en door een van die geleiders (A) vloeit een wisselstroom, dan zal het magnetisch veld dat daarvan het gevolg is, in de tweede geleider (B) een grote stroom en dus spanning genereren. De magnetische koppeling tussen de twee geleiders

is immers maximaal. De meest eenvoudige oplossing voor dit probleem is beide geleiders niet evenwijdig te laten lopen, maar onder een hoek van 90° (C). De magnetische koppeling is dan minimaal en in geleider C worden minimale inductiestromen en -spanningen gegenereerd.

### Getwiste draden

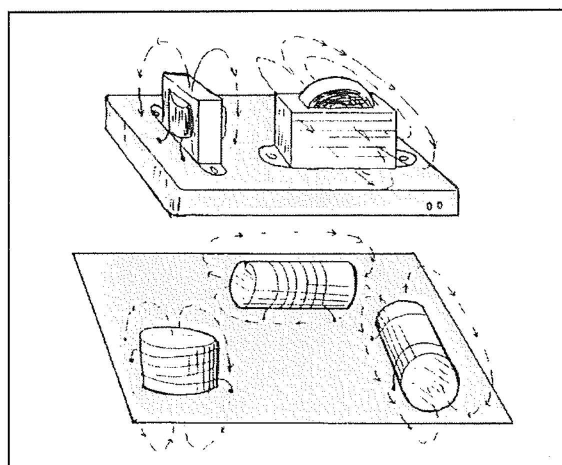
U kunt natuurlijk niet altijd vermijden dat geleiders parallel lopen. Denk maar aan een kabelboom, waarin de draden per definitie evenwijdig lopen. Tussen dergelijke draden bestaat uiteraard een maximale magnetische koppeling. Een oplossing is het twisten van de draden, zie figuur 3/8.11-24. De magnetische koppeling wordt hierdoor gereduceerd, waardoor de inductiestromen en -spanningen in de tweede draad kleiner worden.




**Figuur 3/8.11-24:** Door het twisten van evenwijdig lopende draden kunt u de onderlinge magnetische koppeling minimaliseren en het effect van de magnetische inductie verkleinen.

### Transformatoren

Door de wikkelingen van een trafo loopt een wisselstroom en dus ontstaat er rond de trafo een wisselend magnetisch veld. Dit veld kan in een ander onderdeel, bijvoorbeeld een tweede trafo, een ongewenste inductiespanning genereren. Hetzelfde verhaal geldt voor spoeltjes die u op uw printplaten zet. Als u twee trafo's of spoelen parallel plaats, is hun magnetische koppeling maximaal en krijgt u last van magnetische inductie. U moet dus, zie figuur 3/8.11-25, transformatoren en spoelen loodrecht op elkaar plaatsen. De magnetische inductie is dan minimaal en de geïnduceerde spanningen zijn te verwaarlozen.



**Figuur 3/8.11-25:** Transformatoren en spoelen moet u altijd onder een hoek van 90° plaatsen.

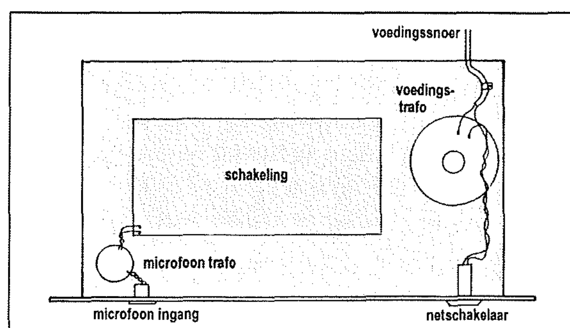
Het zal duidelijk zijn dat u gevoelige ingangsconnectoren en signaaltransformatoren zo ver mogelijk uit de buurt van voedingstransformatoren moet plaatsen. In figuur 3/8.11-26 is geschetst hoe u een microfoontransformator en -ingang plaatst ten opzichte van de voedingstrafo.

### Afgeschermde transformatoren

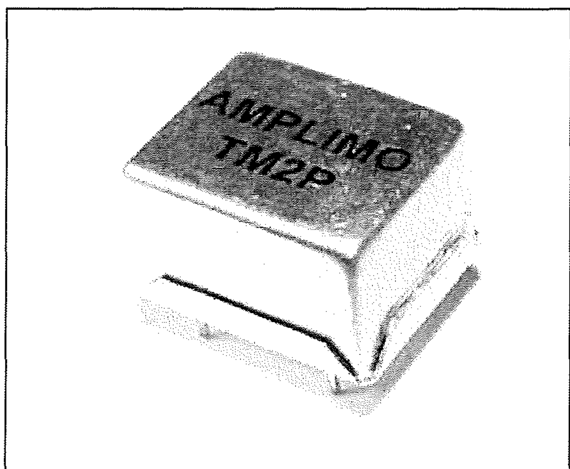
Als u er helemaal zeker van wilt zijn dat er geen elektromagnetische strooivelden in uw gevoelige ingangstransformatoren doordringen, moet u gebruik ma-

**8.11 Van schema tot kant en klaar apparaat**

ken van volledig afgeschermde transformatoren.




**Figuur 3/8.11-26:** De plaatsing van een gevoelige ingang en een signaaltrafo ten opzichte van de voedingstransformator.



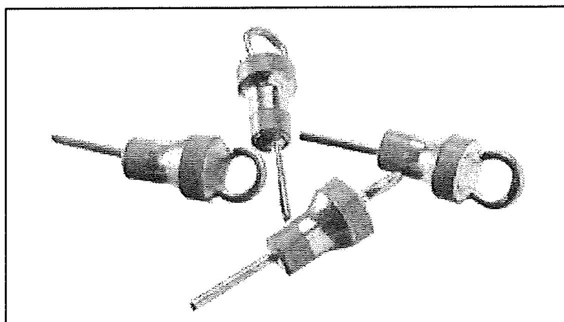

**Figuur 3/8.11-27:** Een volledig afgeschermde microfoon trafo van Amplimo: prijzig, maar goed!

In figuur 3/8.11-27 hebben wij zo'n trafo voorgesteld, in dit geval van het merk Amplimo. Toegegeven, dergelijke transformatoren zijn een factor tien duurder dan niet afgeschermde, maar u bespaart uzelf een hoop ellende!

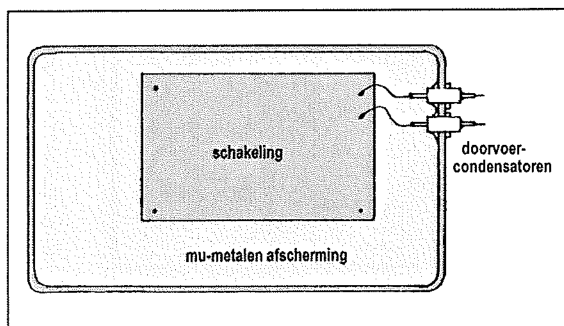
**Mu-metaal**
Ontkomt u er niet aan gevoelige onderdelen of deelschakelingen te plaatsen waar kans bestaat op magnetische inductie, dan moet u deze onderdelen of deelschakelingen volledig elektromagnetisch afschermen. Daar bestaat maar één oplossing voor en dat is gebruik te maken van mu-metaal. Mu-metaal is een legering van nikkel, magnesium, koper en ijzer. Het heeft een bijzonder lage magnetische weerstand, zodat het magnetische velden "opslorpt" en verhindert dat de velden de afgeschermde ruimte binnendringen. Mu-metaal is niet goedkoop en u kunt het aanschaffen onder de vorm van vellen dunne folie of als zelfklevende tape. Met deze tape kunt u delen van een behuizing effectief afschermen tegen het binnendringen van magnetische velden.

**Doorvoercondensatoren**
Een volledige mu-metalen afscherming is nooit mogelijk. U moet in de wand van de afscherming immers gaatjes maken voor de doorvoer van massa, voedingsspanning, stuurspanningen en in- en uitgangen. Er ontstaan dus lekken in de afscherming. Om deze lek zo gering mogelijk te maken moet u de verbindingen tussen uw "dode ruimte" en de buitenwereld uitvoeren door middel van doorvoercondensatoren. Deze handige, kleine en goedkope onderdeeltjes presenteren zich in figuur 3/8.11-28. Een doorvoercondensator bestaat uit een klein ceramisch buisje. In het buisje zit een gat waardoor een geleider loopt. Het ceramisch buisje is voor een deel gemetaliseerd en over deze laag metaal is een tinlaag aangebracht. U boort een gaatje in uw afscherming, duwt de doorvoercondensator in dit gaatje en smelt met de soldeerbout het tin. Dit vloeit uit op de metalen buitenkant van uw afgeschermde behuizing en dicht op deze

manier iedere elektromagnetische lek. Via de centrale geleider voert u alle signalen in en uit uw afgeschermde schakeling, zie figuur 3/8.11-29.



**Figuur 3/8.11-28:** Kleine doorvoercondensatoren, nuttige onderdelen in de strijd tegen inductiespanningen.

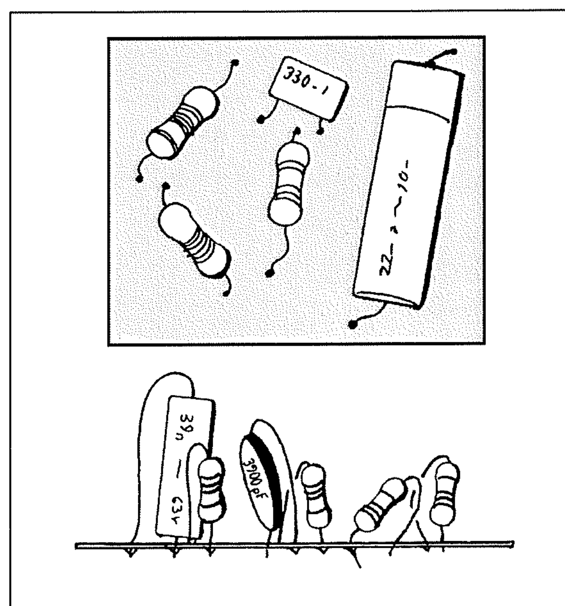



**Figuur 3/8.11-29:** Het aanbrengen van doorvoercondensatoren in de afgeschermde behuizing van een gevoelige schakeling.

# Keurige printen

## Inleiding

Als u een of ander goedkoop Chinees elektronisch prul openschroeft treft u daar meestal een print in aan, waarop de onderdelen op de in figuur 3/8.11-30 voorgestelde manier zijn gesoldeerd. Het zal ongetwijfeld werken, maar zo'n eindresultaat is nu niet bepaald iets waar u trots op kunt zijn. Als u liefde voor uw hobby heeft, dan zorgt u er in ieder geval voor dat alle onderdelen in een mooi horizontaal en verticaal raster staan. Het kost wat meer gepuzzel bij het ontwerpen van de print, maar zeg nu zelf, een print zoals voorgesteld in figuur 3/8.11-31 prefereert u toch ook?



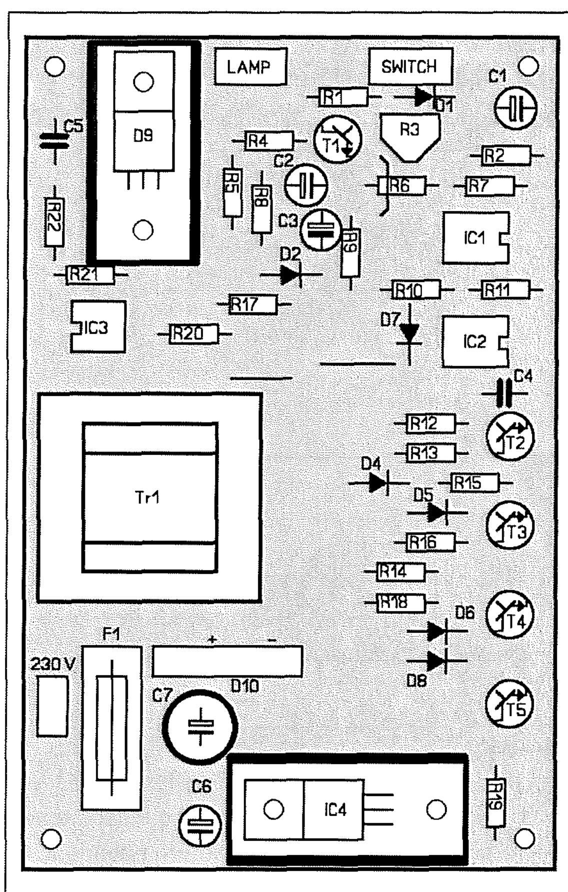
**Figuur 3/8.11-30:** Hier houden wij niet van: onderdelen die kriskras over de print verspreid staan, zonder enige orde en regelmaat.

## Gepolariseerde onderdelen

Gepolariseerde onderdelen zijn componenten die een plus en een min aansluiting hebben, zoals dioden en elektrolytische condensatoren. U kunt deze onderdelen op de print opnemen zoals het uitkomt, maar u kunt ook de moeite doen de print zó te ontwerpen dat de positieve aansluitingen van alle elco's en de kathoden van alle dioden bijvoorbeeld gericht zijn naar de bovenzijde van de print. U kunt er ook voor zorgen dat alle IC's op dezelfde manier geplaatst wor-

**8.11 Van schema tot kant en klaar apparaat**

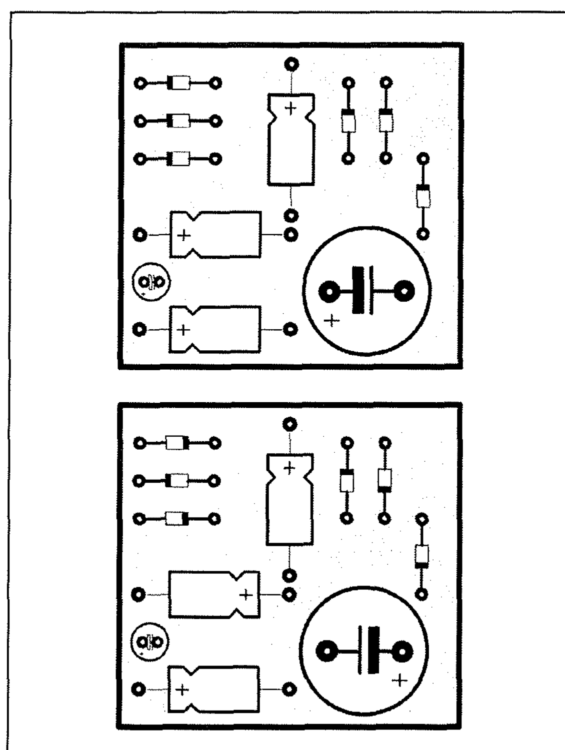
den, dus met de pennen 1 en 14 naar boven. In figuur 3/8.11-32 wordt toegelicht wat wij bedoelen. Op de bovenste print is wél rekening gehouden met deze richtlijnen, op de onderste niet.




**Figuur 3/8.11-31:** Zó kan het ook: alle onderdelen staan in een keurig horizontaal en verticaal raster.

## Zware onderdelen

Soms moet u zware onderdelen, zoals trafo's of grote elco's, op uw print opnemen. Vertrouw nooit ofte nimmer op soldeereilandjes als enige mechanische bevestiging voor dergelijke onderdelen. Als u de print per ongeluk laat vallen is de kans groot dat de trafo of zware elco uit de soldeereilandjes wordt gerukt. Wij weten het wel: vroeger hadden printtrafo's minstens twee flenzen, waardoor de mogelijkheid aanwezig was de trafo met twee of vier M3 boutjes op de print vast te schroeven.

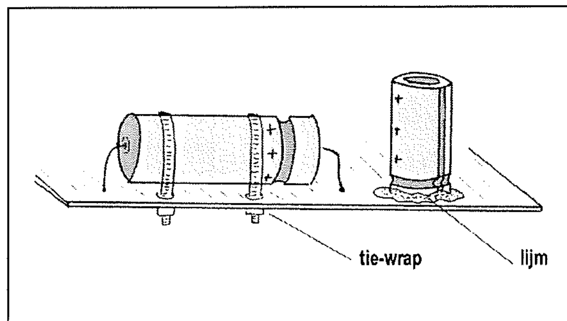


**Figuur 3/8.11-32:** Het uitrichten van gepolariseerde onderdelen op uw print.

Moderne printtrafo's hebben dergelijke flenzen niet meer: dat kost immers iets meer materiaal en een ingewikkelder gietvorm voor de behuizing en in de keiharde wereldwijde concurrentie kunnen die paar extra centen het verschil tussen verkoop of stort uitmaken. Als u geen mogelijkheid ziet een printtrafo met minstens twee boutjes op de print te bevestigen, gebruik dan in ieder geval lijm onder het trafolichaam om het onderdeel mechanisch met de printplaat te verbinden. Zware elco's kunt u ofwel

**8.11 Van schema tot kant en klaar apparaat**

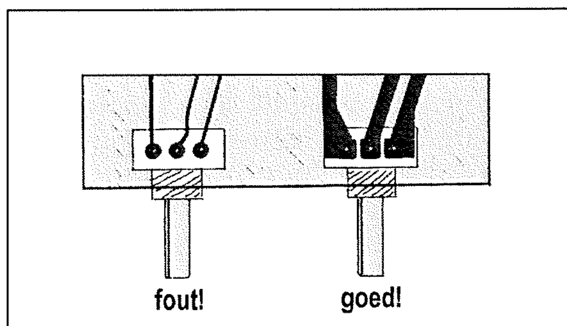
vastlijmen op de print, ofwel door middel van een tie-wrap op de print fixeren, zie figuur 3/8.11-33.




**Figuur 3/8.11-33:** Het monteren van zware elco's op de print.

### Printmontage van schakelaars en potentiometers

Als u schakelaars en draaipotentiometers rechtstreeks op de print opneemt zit u met het probleem hoe u deze onderdelen de noodzakelijke mechanische stabiliteit geeft. In figuur 3/8.11-34 hebben wij voorgesteld hoe u het niet en wél moet doen.

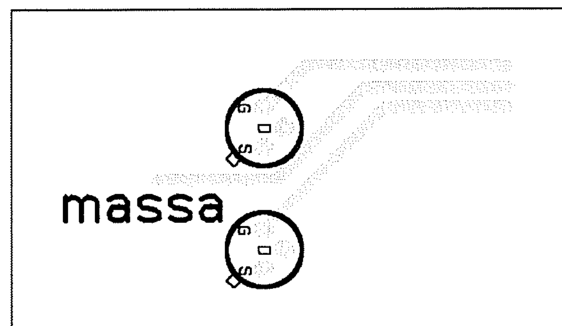



**Figuur 3/8.11-34:** Een slechte en een goede manier om een draaipotentiometer op uw print op te nemen.

Ontwerp zo groot mogelijke soldeereilandjes rond de drie pennen van de potentiometer en maak de drie kopersporen die de signalen aan- en afvoeren zo breed mogelijk. Vergeet niet dat de koperlaag op het basismateriaal is gelijmd en dat de hechting van het koper op het basismateriaal toeneemt als het contactoppervlak tussen print en koper zo groot mogelijk is. De linker potentiometer zal, nadat u er een honderdtal keren aan gedraaid heeft, waarschijnlijk loslaten van de print omdat het minimale lijmoppervlak tussen de veel te dunne soldeereilandjes en het basismateriaal de kracht van het bedienen van de potentiometer niet kan weerstaan.

### Oppervlakte weerstand

Een print is alleen schijnbaar een perfecte isolator. Het basismateriaal heeft een bepaalde oppervlakte weerstand, die in de loop der jaren steeds lager wordt. Dat verschijnsel heeft te maken met de niet te vermijden vervuiling van de print. Als u dus twee printsporen naast elkaar legt, die ieder een zeer hoge impedantie hebben, dan bestaat de kans dat er via de oppervlakte weerstand van de print signaallekken ontstaan van het ene naar het andere printspoortje. Dit kunt u voorkomen door het systeem van figuur 3/8.11-35 toe te passen.



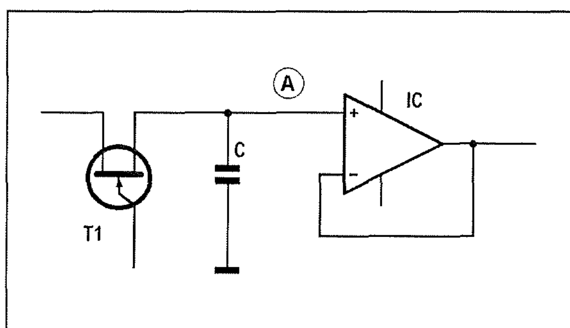

**Figuur 3/8.11-35:** Het isoleren van twee hoog impedante printsporen door middel van een derde spoor dat met de massa van uw schakeling is verbonden.

**8.11 Van schema tot kant en klaar apparaat**

Tussen de twee parallel lopende hoog impedante printspoortjes legt u een derde spoor aan dat u met de massa of GND verbindt. Signaallekken treden nu alleen op tussen de hoog impedante lijnen en de massa en onderlinge beïnvloeding is uitgesloten.

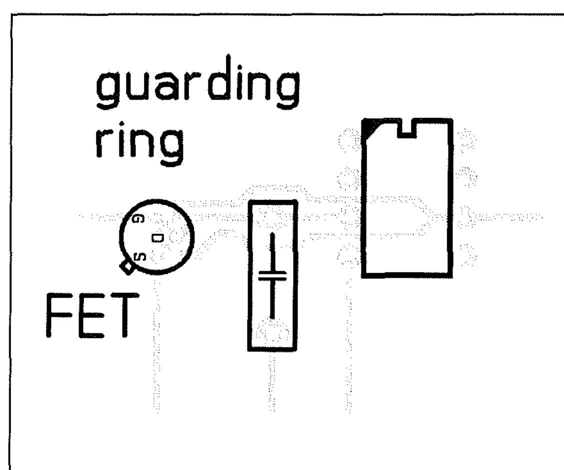
**Guarding**

De oppervlakte weerstand van uw print kan heel erg vervelend worden als u zeer hoog impedante schakelingen op print wilt zetten. Als voorbeeld hebben wij in figuur 3/8.11-36 een deel van het schema van een sample&hold voorgesteld.




**Figuur 3/8.11-36:** Bij dergelijke zeer hoog impedante schakelingen is de oppervlakte weerstand van uw print niet meer verwaarloosbaar.

De te samplen ingangsspanning wordt via een FET doorgekoppeld naar de hold-condensator. Deze is verbonden met de positieve ingang van een zeer hoog impedante operationele versterker. Wil deze schakeling goed werken, dan is het van het grootste belang dat de lading zo lang mogelijk in de condensator opgeslagen blijft. Aan de eigen lek van de condensator kunt u niets doen. U kunt er echter wél voor zorgen dat de oppervlakte weerstand van de print, die de condensator ook ontlaadt, geen rol kan spelen. De techniek die daarvoor wordt gebruikt heet "guarding". In figuur 3/8.11-37 is geschetst hoe dat in de praktijk werkt.



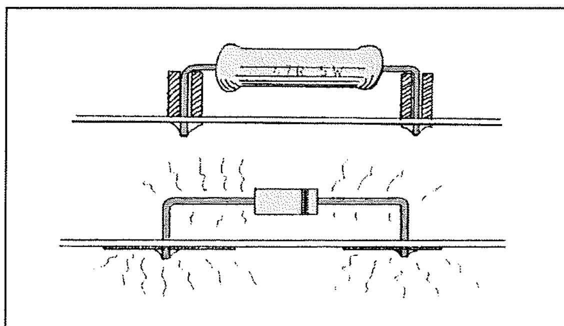

**Figuur 3/8.11-37:** Door het aanbrengen van een guarding ring elimineert u de invloed van de oppervlakte weerstand.

Als u het schema bekijkt zal duidelijk zijn dat de hoog impedante lijn de verbinding A is, tussen de FET, de condensator en de op-amp. De op-amp is als spanningsbuffer geschakeld, de uitgangsspanning is dus gelijk aan de ingangsspanning. Die uitgangsspanning heeft echter een zeer lage inwendige impedantie. Wat u nu moet doen is de gevoelige lijn A volledig omcirkelen met een printspoortje en dit spoortje aansluiten op de uitgang van de op-amp. Deze ring staat dus op dezelfde spanning als lijn A. Omdat er tussen beide lijnen geen spanningsverschil staat, kan er ook geen stroom vloeien. Kortom, de oppervlakte weerstand van de print in de guarding ring heeft geen enkele invloed: tussen twee punten waar geen spanningsverschil tussen heerst kan géén stroom vloeien!

Het zal duidelijk zijn dat de guarding techniek een prachtig hulpmiddel is, maar dat de toepassing ervan vrij beperkt is. In de praktijk komen alleen schakelingen zoals deze van figuur 3/8.11-36 in aanmerking voor het toepassen van deze techniek: een zeer hoog impedant ingangssignaal dat op de positieve ingang van een op-amp staat wordt door middel van een met de uitgang van de op-amp verbonden guarding ring afgeschermd. De op-amp moet dan wél geschakeld zijn als buffer.

### Hete componenten

Het zal wel zonder meer duidelijk zijn dat u onderdelen die heet worden niet óp de print mag monteren. In figuur 3/8.11-38 is getekend hoe het wél moet.

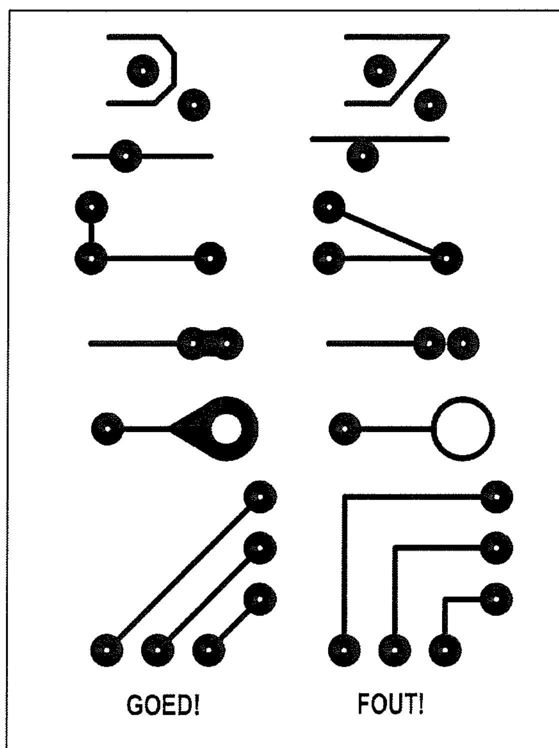


**Figuur 3/8.11-38:** Het monteren van componenten die heet kunnen worden.

De componenten zitten ongeveer 0,5 cm boven de print, zodat de hitte het basismateriaal van uw print niet kan verkolen. Hiervoor bestaan speciale ceramische afstandsbusjes die u over de aansluitdraden van het onderdeel kunt schuiven. Als het enigszins kan, maakt u natuurlijk grote soldeereilanden, zodat de warme die via de aansluitdraden wordt aangevoerd via het grote koperoppervlak kan afvloeien naar de omgevingslucht.

### Goede en slechte printontwerp praktijk

Tot slot van deze paragraaf geven wij in figuur 3/8.11-39 een aantal voorbeelden van goede en slechte printontwerp praktijken. De meeste voorbeelden lijken voor de hand te liggen, maar u moet er eens op letten hoe vaak tegen deze basisregels wordt gezondigd!



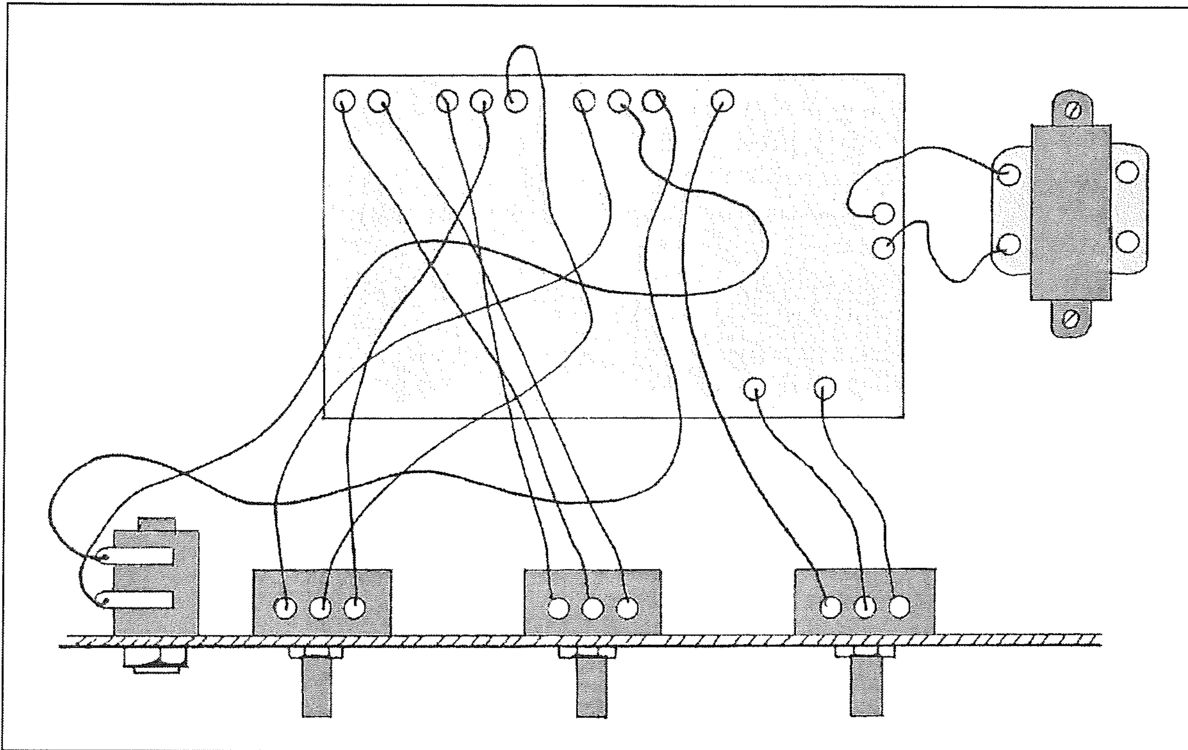

**Figuur 3/8.11-39:** Voorbeelden van goed en slechte printontwerpen.

## Keurige bedrading

### Inleiding

Een keurige print is de eerste stap naar een keurig apparaat. Over het uiterlijk van uw apparatuur gaan we hier niet spreken, dat is niet-elektronisch geknutsel. Wij geven u de tip uw frontplaten te ontwerpen met Front Desiger van Abacom, een geweldig stuk software!

**8.11 Van schema tot kant en klaar apparaat**



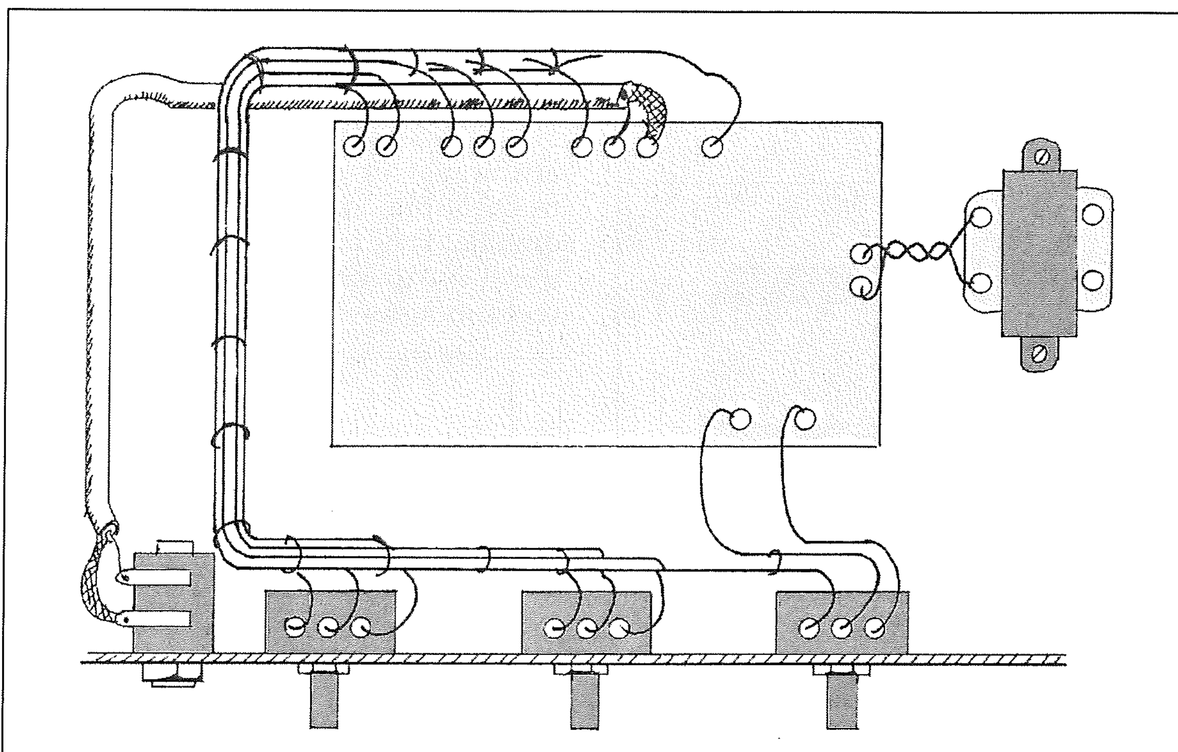
**Figuur 3/8.11-40:** Zo'n bedrading heet in het vakidioom "bird's nest wiring" en u wint er vást geen schoonheidprijs mee.

Uw behuizing heeft u voorzien van gaten voor potmeters, LED's, schakelaars, in- en uitgangen en netdoorvoer. Wij gaan er van uit dat u al deze onderdelen heeft gemonteerd en vervolgens uw print op de bodem van de behuizing heeft vast geschroefd. Als laatste stap moet u alle soldeerlipjes op uw print verbinden met alle genoemde onderdelen. U kunt dat doen als voorgesteld in figuur 3/8.11-40. Als u uw printen ontwerpt volgens figuur 3/8.11-30 past zo'n bedrading natuurlijk helemaal bij uw karakter. Maar laten wij er van uit gaan dat u ook aan uw bedrading zorg en liefde besteedt. Dan gaan we wat anders verzinnen!

## Kabelboom

De enige professionele en mooie manier om uw apparaat te bedraden is gebruik te maken van een kabelboom. In figuur 3/8.11-41 hebben wij geschetst wat hiermee wordt bedoeld. Alle draden en kabels worden samengebundeld tot een boom en lopen niet kris-kras door uw apparaat, maar keurig horizontaal en verticaal. Bovendien loopt deze boom niet over de print, maar naast de print. Dit heeft als voordeel dat u, bij reparatie of afregeling, gemakkelijk toegang heeft tot alle onderdelen op de print.
Bij het bedenken van de manier waarop uw kabelbomen door uw apparaat lopen moet u natuurlijk rekening houden met enige wetmatigheden. Zo is het niet aan te raden de kabelboom langs de voedingstrafo te leiden. Waarschijnlijk zitten er in de boom een paar draadjes die het liefst gevrijwaard blijven van de elektromagnetische inductie van de trafo.

**8.11 Van schema tot kant en klaar apparaat**



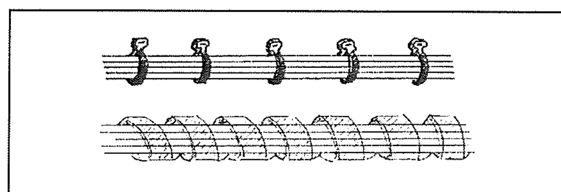
**Figuur 3/8.11-41:** Het bedraden van uw apparaat door gebruik te maken van kabelbomen.

Het is net zo min verstandig de draadjes tussen de secundaire van de trafo en de print in een kabelboom op te nemen. Door deze draadjes vloeit immers de volledige voedingsstroom onder de vorm van een 50 Hz stroom en rond deze draadjes ontstaat een groot elektromagnetische veld. Deze kunt u beter twisten en volgens de kortste weg aanleggen, zoals op de figuur is te zien.

## Het maken van een kabelboom

De eenvoudigste manier is gebruik te maken van tie-wrap's die u om de tien centimeter rond de kabelboom spant, zie figuur 3/8.11-42. U kunt ook gebruik maken van speciale kunststof gespiraliseerde wrap's die u zó in de vakhandel kunt kopen. Deze methode heeft het voordeel dat u gemakkelijk extra draadjes in de kabelboom kunt aanbrengen.

Als u van geknutsel houdt kunt u de kabelboom zélf inbinden door middel van een touwtje. Hoe dat gaat is voorgesteld in figuur 3/8.11-43.



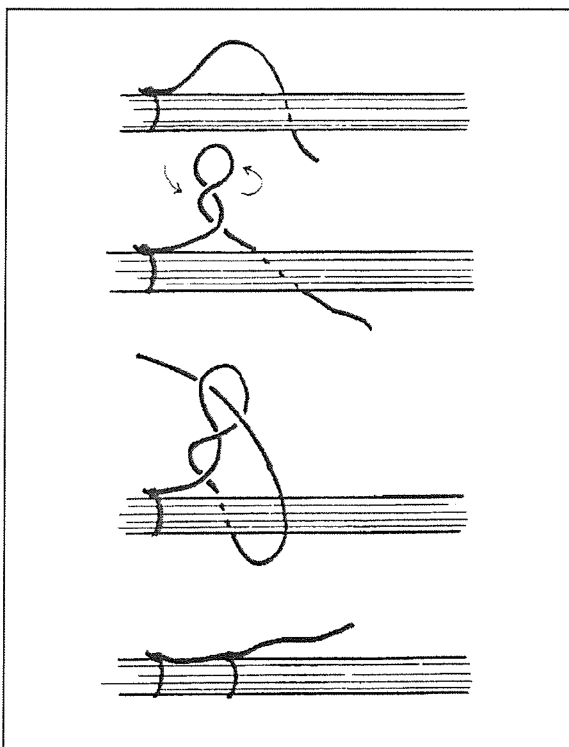
**Figuur 3/8.11-42:** Tie-wrap's en gespiraliseerde wrap's zijn handig voor het netjes afbinden van uw kabelbomen.

## Tot slot

Gebruik steeds draden en kabels met een meervoudige soepele kern. Harde kernen, die dus uit één dikke koperen geleider bestaan, hebben de neiging af te breken op het punt waar u de isolatie

**8.11 Van schema tot kant en klaar apparaat**

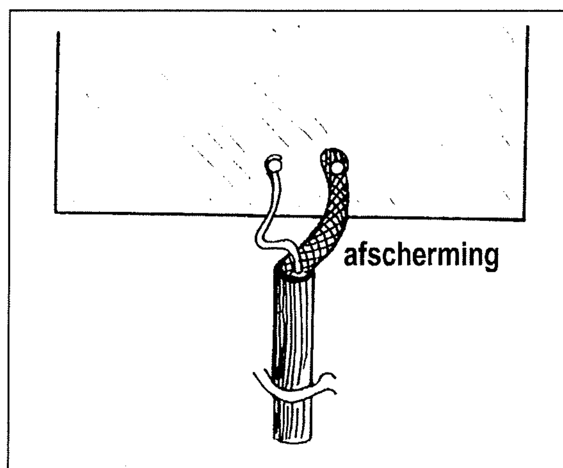
heeft afgestript. Anderzijds zijn dergelijke kabels natuurlijk veel gemakkelijker in de juiste vorm van een kabelboom te leggen



**Figuur 3/8.11-43:** Met behulp van deze knooptechniek kunt u uw kabelboom omsnoeren met een touwtje.

Draai natuurlijk wél de koperen adertjes zorgvuldig in elkaar voordat u gaat solderen. Zelfs één adertje dat uitsteekt kan een kortsluiting met het nabijgelegen soldeeroogje veroorzaken.

Als u afgeschermde draden soldeert moet u de binnenste geleider altijd iets langer maken dan de afscherming, zie figuur 3/8.11-44. Op deze manier zorgt u ervoor dat er nooit een mechanische trekbelasting op het kwetsbare dunne draadje kan ontstaan. Eventuele trek wordt nu immers opgevangen door de veel robuustere afscherming.




**Figuur 3/8.11-44:** De enige juiste werkwijze bij het solderen van een afgeschermde kabel.

# 3/8.12

# Loodvrij solderen en de WEEE en RoHS richtlijnen

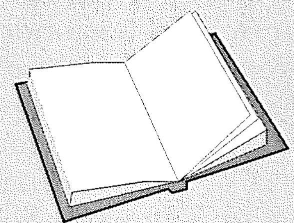
## Inleiding

**Ook de elektronica moest er ooit aan geloven!**
In verband met de steeds strenger wordende eisen ten aanzien van milieubelasting worden al tientallen jaren pogingen ondernomen zware metalen zoveel mogelijk uit producten te weren. Na het loodvrij maken van benzine in 1973 en verf in 1978 was het in 2006 de beurt aan de elektronica. Een van de consequenties is dat loodsoldeer niet meer gebruikt mag worden bij de productie van printplaten of bij het solderen in elektronische apparaten. Lood wordt namelijk gekenmerkt door nadelige milieu- en gezondheidseffecten. Lood, gebruikt bij het solderen in de elektronica, komt in het milieu via vuilstortplaatsen, waar het in het grondwater terecht komt en vervolgens de voedselketen binnendringt.

**Europese Wetgeving**
Europa heeft als enige van de werelddelen dwingende regelgeving opgesteld naar de industrie. Deze regelgeving is beschreven in twee Europese richtlijnen:

- De stoffenrichtlijn, ook RoHS Directive 20021951EG genoemd
  RoHS is het letterwoord van "Restriction of Hazardous Substances". Deze richtlijn behandelt de beperking van het gebruik van bepaalde stoffen (lood, cadmium, kwik, hexavalent chromium, polybrominated biphenyls (PBB) of polybrominated diphenyl ethers (PBDE)) in elektrische en elektronische apparatuur. Vanaf medio 2006 is het in de Europese Unie verboden om elektronica op de markt te brengen met loodhoudende soldeerlegeringen. Ook zullen elektronica onderdelen loodvrij moeten zijn. Let op, er zijn uiteraard weer uitzonderingen gemaakt!
- AEEA-richtlijn 20021961EG, ook WEEE Directive genoemd
  WEEE is het letterwoord voor "Waste from Electronic and Electrical Equipment". Deze richtlijn houdt zich bezig met het verwerken van afgedankte elektrische en elektronische apparatuur (AEEA).

**LEES OOK:**
**Hoofdstuk 3/8.3**
**Hoofdstuk 3/8.4**
**Hoofdstuk 3/8.11**



## 8.12 Loodvrij solderen en de WEEE en RoHS richtlijnen

Het zal duidelijk zijn dat de eerste richtlijn, algemeen bekend als "RoHS", de belangrijkste is als u te maken heeft met de klein- of grootschalige verkoop of productie van elektronische apparatuur.

**De situatie in de rest van de wereld**

Japan was de trekker van het loodvrij solderen in Azië. Als eerste hebben Japanse elektronicaproducenten loodvrije producten op de markt geïntroduceerd. Er is echter geen wetgeving voor beperking in het gebruik van bepaalde stoffen in producten. Er is wel een wet voor recycling van huishoudelijke apparaten. Een van de doelstellingen daarvan is om passende methodes te verzinnen waarbij lood niet in het milieu terechtkomt.

China heeft de inhoud van de Europese wetgeving 1 op 1 zonder uitzonderingen overgenomen. Dat moest China wel, want zonder export naar Europa zou een groot deel van de elektronica-export zijn weggevallen.

In de Verenigde Staten is er geen sprake van nationaal bindende wetgeving, maar door druk uit Japan en Europa wordt loodvrij solderen op verschillende wijze gestimuleerd. Wél bestaat er de "Environmental Protection Agency" (EPA) die bedrijven verplicht om loodgebruik groter dan 100 pond jaarlijks te rapporteren via de "Toxic Release Inventory Status". Voor elektronicabedrijven een duidelijk signaal om met lood te stoppen. Bovendien zijn de staten Maine en Californië actief bezig met inzameling en recycling van elektronisch afval. IBM en Dell hebben ondertussen terugnameprogramma's voor computerapparatuur opgestart. De Europese wetgeving drijft ook de aanpassingen in de VS, immers de EU is een belangrijke exportpartner van de Verenigde Staten.

**Wat houdt "vrij" in?**

In de RoHS richtlijn staan de minimale concentraties vermeld van de verbannen producten:

- lood (Pb):
  maximaal 0,1 %
- kwik (Hg):
  maximaal 0,1 %
- cadmium (Cd):
  maximaal 0,01 %
- hexavalent chromium (Cr):
  maximaal 0,1 %
- polybrominated biphenyls (PBB):
  maximaal 0,1 %
- polybrominated diphenyl ethers (PBDE):
  maximaal 0,1 %

Deze concentraties geven het procentueel gewichtsaandeel ten opzichte van het gewicht van het homogene materiaal. De grenswaarden hebben geen betrekking op het gewicht van het afgewerkte product als geheel. De EU vermeldt dat een homogeen materiaal een enkelvoudige stof is die theoretisch via mechanische weg van andere stoffen gescheiden zou kunnen worden (bijvoorbeeld tinlaag op lood in een component of mantel op een kabel). Een component zou dus typisch een aantal verschillende homogene materialen kunnen bevatten, die allemaal afzonderlijk aan de maximale gewichtsconcentraties moeten voldoen.

Batterijen vallen niet binnen het toepassingsbereik van de RoHS richtlijn, vandaar dat een nikkelcadmium batterij in afgewerkte producten toegelaten is ook al wordt het gebruik van cadmium aan banden gelegd.

**Wie krijgt te maken met de RoHS richtlijn?**

De RoHS richtlijn heeft invloed op de werkwijze van een brede groep van fabri-

**8.12 Loodvrij solderen en de WEEE en RoHS richtlijnen**

kanten, importeurs, leveranciers en reparateurs van elektronica producten. De RoHS richtlijn is niet alleen voelbaar bij de ondernemingen in de bevoorradingsketen van specifieke categorieën elektronische uitrusting, maar heeft ook een ruime weerslag op de productie, de verkoop en het gebruik van componenten. Er zijn gevolgen voor de fabricage- en productieprocessen, productontwerpen, het voorraadbeheer, de kwaliteitsbeheersing, de relaties met leveranciers, het inkoopbeleid en de relaties met klanten. Kortom, de gehele elektronica-industrie heeft er mee te maken.
Heel wat componenten die vandaag gebruikt worden, kunt u aantreffen in een zeer ruime waaier van toepassingen. Karakteristiek is dat fabrikanten van componenten niet van zins zijn om naast RoHS conforme ook niet-conforme versies van hun producten te blijven maken. Uiteindelijk blijft dan alleen nog de conforme productversie over. Bijgevolg moeten de ondernemingen die niet naar nieuwe componenten willen overstappen, dringend contact opnemen met hun leveranciers om te weten wat die van plan zijn. Een mogelijk gevolg kan ook zijn dat de inkoop van niet-conforme componenten tot het laatst doorgaat omdat men zeker van voorraden wil zijn, of dat andere leveranciers worden gezocht.
Als u componenten of systemen aanlevert, kan het best gebeuren dat uw klanten vroeg of laat een conformiteitsverklaring van u eisen. U krijgt wellicht vragen van uw klanten te beantwoorden: van gewone "Ja of Nee" vragenlijsten tot gedetailleerde overzichten van componenten. Een snel en duidelijk antwoord op zulke vragen zal uw klanten overtuigen en geruststellen, zodat hun productieproces op geen enkel ogenblik ontwricht zal worden. Het is ook mogelijk dat klanten eisen dat u conformiteitsinformatie en/of -indicatie levert op pakbonnen, verzendinformatie, facturen, etc. Ook uw internetsite kunt u gebruiken om uw klanten te informeren.

# Producten

**Welke producten vallen onder de richtlijnen?**
Er zijn uitzonderingen, maar eerst geven wij een lijstje van de producten waarin vanaf 1 juli 2006 geen lood mag zitten.

**Groep 1: grote huishoudelijke apparaten**
- grotere koelapparaten;
- koelkasten en diepvriezers;
- andere grote apparaten voor koeling, conservering en bewaring van eetwaren;
- wasautomaten;
- droogautomaten;
- vaatwasautomaten;
- keukenfornuizen;
- elektrische kachels;
- elektrische verwarmingsplaten;
- magnetrons;
- andere grote apparaten voor het koken en andere verwerking van eetwaren;
- elektrische verwarmingsapparaten en elektrische straalkachels;
- andere grote apparaten voor verwarming van kamers, bedden en zitmeubelen;
- elektrische ventilatoren en aircotoestellen;
- andere apparaten voor aanblazing, afzuiging, verluchting, luchtverversing en klimaatregeling.

**Groep 2:**
**kleine huishoudelijke apparaten**
- stofzuigers;
- tapijtreinigers;
- andere apparaten voor schoonmaak;
- apparaten voor het naaien, breien, weven en andere verwerkingstechnieken voor textiel;
- strijkbouten en andere apparaten voor het strijken, mangelen en andere verzorging van kleren;
- broodroosters;
- braadpannen;
- molens, koffiemachines en apparaten voor het openen of sluiten van recipiënten of verpakkingen;
- elektrische messen;
- apparaten voor het knippen en drogen van haar, voor het poetsen van tanden, scheren, massage en andere apparaten voor lichaamsverzorging;
- klokken, uurwerken en apparaten voor het meten, aangeven of registreren van de tijd;
- scales.

**Groep 3:**
**IT- en telecom-apparatuur**
- gecentraliseerde gegevensverwerking, zoals grote computers, minicomputers en printereenheden;
- huiscomputers met CPU, muis, scherm en toetsenbord inbegrepen;
- draagbare computers met CPU, muis, scherm en toetsenbord inbegrepen;
- notebooks;
- notepads;
- printers;
- kopieerapparaten;
- elektrische en elektronische schrijfmachines;
- zak- en kantoorrekenmachines en andere producten en apparaten voor het verzamelen, opslaan, verwerken, presenteren of communiceren van informatie via elektronische weg;
- gebruikersterminals en -systemen;
- faxen;
- telexen;
- telefoons, munttelefoontoestellen, draadloze telefoons, mobiele telefoons (GSM's), antwoordsystemen en andere producten of apparaten voor het verzenden van klank, beelden of andere informatie via telecommunicatie.

**Groep 4:**
**consumentenapparatuur**
- radiotoestellen;
- TV-toestellen;
- videocamera's;
- videorecorders;
- DVD-apparatuur;
- HDD-apparatuur;
- geluidsversterkers;
- muziekinstrumenten;
- andere producten of apparaten voor het opnemen of weergeven van geluiden en of beelden, ook signalen, of andere technologieën voor het verspreiden van klank of beeld op een andere manier dan via telecommunicatie.

**Groep 5:**
**verlichtingsapparatuur**
- armaturen voor TL-lampen;
- rechte TL-lampen;
- compacte TL-lampen;
- HS-gasontladingslampen, ook HD-natriumlampen en metalen halogeenlampen;
- LD-natriumlampen;
- andere verlichting of apparaten voor het verspreiden of richten van licht, met uitzondering van gloeidraadlampen.

## 8.12 Loodvrij solderen en de WEEE en RoHS richtlijnen

**Groep 6:**
**elektrische en elektronische gereedschappen**
- boormachines;
- zaagmachines;
- gereedschap om te draaien, frezen, schuren, malen, zagen, snijden, scheren, boren, perforeren, ponsen, plooien, buigen of gelijkaardige bewerkingen van hout metaal en andere materialen;
- gereedschap om te klinken, spijkeren of schroeven of om klinknagels, spijkers, schroeven en dergelijke te verwijderen;
- gereedschap om te lassen, solderen of gelijkaardige activiteiten uit te voeren;
- uitrusting voor het sproeien, uitspreiden, verstrooien of andere werkzaamheden met vloeibare of gasvormige stoffen met behulp van andere middelen;
- gereedschap om te maaien of andere tuinwerkzaamheden uit te voeren.

**Groep 7:**
**speelgoed en apparatuur voor sport en ontspanning**
- elektrische treinen of racewagensets;
- draagbare videospelconsoles;
- videospellen;
- computers voor fietsers, duikers, lopers, roeiers, enz.;
- sportuitrusting met elektrische of elektronische componenten.

**Groep 10:**
**automaten**
- muntautomaten;
- verdeelautomaten voor dranken;
- verdeelautomaten voor warme of koude flessen of blikjes;
- verdeelautomaten voor vaste producten;
- geldverdeelautomaten;
- alle apparaten die op automatische wijze allerlei producten afleveren.

**Opmerking**
De RoHS richtlijn geldt, strikt juridisch gesproken, alleen voor afgewerkte goederen in de bovenstaande categorieën. Hij geldt niet voor vaste industriële installaties en machines. Evenzo geldt de richtlijn niet voor componenten en montage-onderdelen die gebruikt worden om het afgewerkte product te bouwen of om bestaande producten te herstellen of te onderhouden.
Praktisch gesproken zullen fabrikanten van de boven vermelde producten evenwel ook componenten eisen die conform de richtlijn zijn.

**Tijdelijk vrijgestelde productgroepen**
Omdat de discussie over de langetermijn betrouwbaarheid van loodvrije soldeer nog steeds niet is uitgewoed en vanuit diverse industriegroepen wordt beweerd dat hun producten onbetrouwbaarder worden door het gebruik van loodvrije soldeer, is een aantal uitzonderingen gemaakt. Onderstaande producten hebben een "tijdelijke vrijstelling", hetgeen wil zeggen dat er eerst nader betrouwbaarheidsonderzoek wordt afgewacht alvorens een beslissing valt.
- Groep 8:
  medische hulpmiddelen met uitzondering van alle geïmplanteerde producten.
- Groep 9:
  meet- en controle-instrumenten.

**Vrijgestelde producten**
De RoHS richtlijn is niet van toepassing op onderdelen die worden gebruikt bij het herstellen van elektrische en elektro-

**8.12 Loodvrij solderen en de WEEE en RoHS richtlijnen**

nische apparaten, die voor 1 juli 2006 op de markt zijn gebracht. De richtlijn is ook niet van toepassing op vervangingscomponenten, die de capaciteit uitbreiden of verbeteren van elektrische en elektronische apparaten die voor 1 juli 2006 op de markt zijn gebracht. De vrijstellingen van de RoHS richtlijn zijn vermeld in de richtlijn. De EU behandelt verdere verzoeken, waarbij gebrek aan technische alternatieven de belangrijkste reden is van vrijstelling.

**Elektronica in de auto-, militaire-, lucht- en ruimtevaart techniek**

Voor de auto-, militaire-, lucht- en ruimtevaarttoepassingen is de overgang naar loodvrij solderen een groot dilemma. Deze branches produceren namelijk producten die een lange levensduur hebben. De “Federal Acquisition Streamlining Act” (FASA) uit 1994 verplicht de overheid bij aanschaf van elektronische hardware in de contracten met leveranciers te bedingen dat maximaal gebruik gemaakt wordt van kant en klare (COTS = commercial-of-the-shelf) componenten. Tot nu toe wordt alle hardware nog steeds opgebouwd uit elektronische componenten gesoldeerd met lood-tin legeringen. Doorgaans worden elektronische systemen en hardware in de genoemde branches dertig jaar of langer gebruikt. B-52 vliegtuigen zullen bijvoorbeeld pas na 2040 uitgefaseerd worden, dat betekent een levensduur van meer dan 94 jaar.

Tijdens de levensduur wordt een voertuig, vliegtuig of apparaat regelmatig gerepareerd, onderhouden en opgewaardeerd. Overschakeling op loodvrije componenten halverwege de levenscyclus van de apparatuur is dus mogelijk een belangrijk breekpunt in het handhaven van de prestaties van dergelijke systemen. Luchtvaartelektronica beslaat maar één procent van de totale elektronicamarkt en kan dus nauwelijks een vuist maken tegen de overschakeling naar loodvrij. Elektronicaproducenten zoals Amkor, Motorola, Texas Instruments en Tyco zullen hun productielijnen ombouwen naar loodvrije finishes om tegemoet te komen aan de veranderende markt.

Ook deze productgroepen hebben dus om bovengenoemde redenen een voorlopige vrijstelling gekregen.

**Lood**

Wat lood betreft, zijn er nog een aantal vrijstellingen verleend:
- gebruik in speciale soldeermetalen met hoog smeltpunt (> 85 % loodgehalte);
- gebruik in ceramische apparaten;
- gebruik in specifieke legeringen, in beperkte concentraties;
- gebruik in het glasmateriaal van elektronische beeldbuizen, elektronische componenten en TL-buizen.

# De controle

**Hoe wordt toegezien op naleving van de richtlijn?**

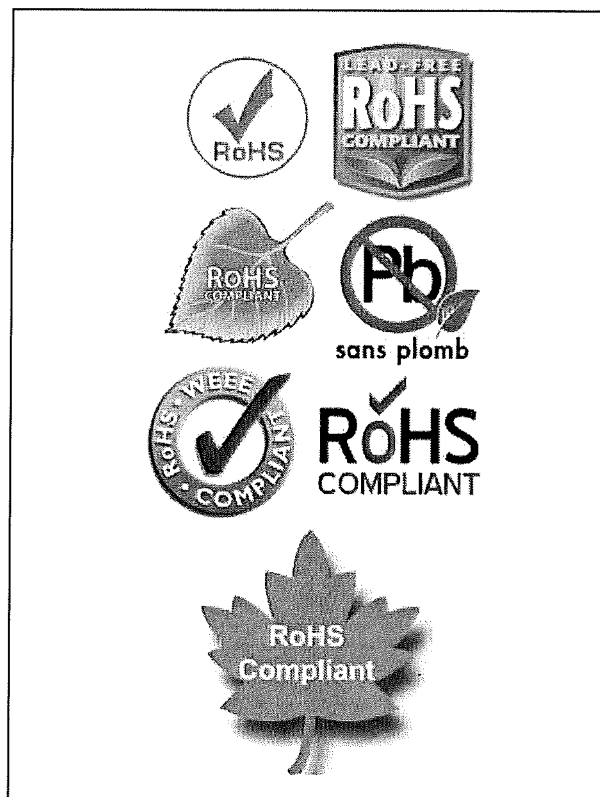
Een nationaal orgaan met uitvoeringsen controlebevoegdheid kan een fabrikant om bewijs vragen dat hij nauwgezet (“met gepaste ijver”) heeft toegezien op en rekening heeft gehouden met de vereiste maatregelen die nodig zijn om te voldoen aan de voorwaarden van de RoHS richtlijn en de nationale wetgeving terzake. Non-conformiteit kan ertoe leiden dat een product uit de markt wordt gehaald.

**8.12 Loodvrij solderen en de WEEE en RoHS richtlijnen**

Echter, in de praktijk zijn het de fabrikanten en importeurs zélf die als eersten toezicht moeten houden op het naleven van de richtlijn. Als onderdeel van hun conformiteitsprogramma's eisen heel wat fabrikanten van hun leverancier dat zij de conformiteit van hun componenten bevestigen, zodat zij de garantie hebben dat ook het afgewerkte eindproduct conform zal zijn.

**RoHS logo?**
Tenzij componenten op de een of andere wijze een keuringsmerk dragen, is het nagenoeg onmogelijk om conforme van niet-conforme componenten met het oog te onderscheiden.
Helaas schrijft de richtlijn geen middel voor om RoHS-conformiteit aan te duiden, hoewel een aantal fabrikanten reeds hun eigen "RoHS-symbool" hebben geïntroduceerd. In figuur 3/8.12-1 hebben wij een paar van die zélf verzonnen logo's verzameld en dat is niets meer dan een steekproefje uit de tientallen logo's die beschikbaar zijn.
Fabrikanten ondernemen uiteenlopende pogingen om hun componenten met een RoHS-conformiteit te onderscheiden:
- sommige fabrikanten identificeren RoHS-conforme producten met een nieuw artikelnummer;
- sommigen voegen een suffix toe aan het bestaande artikelnummer (de conforme versie van artikel nummer 1234 wordt dan bijvoorbeeld 1234-Ro);
- andere fabrikanten zijn geenszins van plan hun artikelnummers te wijzigen, waardoor de status niet duidelijk is.

Dit alles maakt een RoHS-conformiteitsbeheer uiteraard nog ingewikkelder dan het al is.




**Figuur 3/8.12-1:** Een overzicht van de RoHS-logo's die door fabrikanten en leveranciers worden gebruikt op hun producten.

**De kwestie temperatuur**
Loodvrij solderen is alleen mogelijk als de soldeertemperatuur met tientallen graden wordt verhoogd. Componenten moeten tegen deze hogere temperatuur bestand zijn.
Het is dus niet voldoende als fabrikanten onderdelen op de markt brengen die geen lood bevatten, deze componenten moeten ook bestand zijn tegen de hogere soldeertemperaturen. Ook op dít zeer belangrijke punt bestaan er geen eenduidige afspraken of regels.
Als een fabrikant een product op de markt brengt en daarbij beweert dat dit product RoHS-conform is, moet duidelijk worden gesteld wat daarmee wordt

bedoeld, want het is mogelijk dat er wél conformiteit is met de voorgeschreven beperkingen in het gebruik van gevaarlijke stoffen, maar dat het product niet voldoet aan de verhoogde temperatuurtoleranties.
Bepaalde fabrikanten van componenten hebben immers gekozen voor een aanpassing in twee fasen: eerst die materialen uit het fabricageproces halen waarvoor de beperkende richtlijn geldt (en vermelden dat hun producten "loodvrij" of "groen" zijn) en in een latere fase het aanpassen van de temperatuurtolerantie voor bestendigheid tegen de hogere temperatuurwaarden die voor loodvrij solderen verplicht zijn.

# Conformiteitsbewijs

### Hoe kan RoHS conformiteit worden bewezen?

De RoHS richtlijn beperkt het gebruik van de zes stoffen maar schrijft niet voor hoe fabrikanten hun conformiteit kunnen bewijzen noch welke de voorwaarden voor toezicht op de markt zijn. Dit wordt nauwkeuriger beschreven in de nationale wetgeving.
De twee hoofdprincipes van de richtlijn zijn:

- Producten die "op de markt worden gebracht" na 1 juli 2006 worden geacht conform de RoHS richtlijn te zijn. Deze "spontane verklaring" komt overeen met een aantal andere EU richtlijnen (de voorschriften voor het CE merk). De bevoegde overheden in iedere lidstaat zullen hun eigen toezichtbeleid uitstippelen en controles uitvoeren waar zij dat nodig achten.
- Fabrikanten zullen moeten aantonen dat zij blijk hebben gegeven van "gepaste ijver" om de RoHS conformiteit van hun producten te verzekeren. Dit principe werd ook al in andere wetten aangewend, maar er bestaat nog veel onduidelijkheid over het begrip "met gepaste ijver".

### Ook ú kunt worden aangesproken op uw "gepaste ijver"!

Als leverancier of verwerker van elektronica onderdelen kunt u door uw klanten, maar ook door de overheid worden aangesproken op uw "RoHS gedrag". U moet dus kunnen aantonen dat u met "gepaste ijver" er heeft voor gezorgd dat de producten die u verkoopt of fabriceert zoveel als maar mogelijk is voldoen aan de RoHS richtlijn.
De omschrijving van "gepaste ijver" kan echter van land tot land en ook van product tot product verschillen. Er bestaan een aantal mogelijke methoden om uw "gepaste ijver" te bewijzen. De hierna volgende stappen kunnen u helpen bij het definiëren van de meest geschikte methode:

- Moet mijn product conform zijn?
  Zo ja, neem contact op met leveranciers van componenten of materialen en vraag dat ze conformiteitsverklaringen verstrekken (helaas is er geen overeengekomen norm hiervoor). Identificeer alle artikelnummerwijzigingen en pas uw inkoopsysteem aan. Bewaar conformiteitsverklaringen in een RoHS bestand.
- Ben ik zeker van de aan mij geleverde informatie?
  Voer een risico-onderzoek uit om uw graad van vertrouwen vast te stellen. Hoe groot is de kans dat het product één van de aan banden gelegde stoffen bevat? Wordt de conformiteit aangeduid op documenten en/of

**8.12 Loodvrij solderen en de WEEE en RoHS richtlijnen**

productverpakkingen? Levert de fabrikant of een andere partij in de bevoorradingsketen de conformiteitsinfo?

- Omschakelen van leverancier
  Als u andere leveranciers kiest, moet u ook de gevolgen daarvan op de conformiteit herzien.
- Voer zélf tests uit
  Als de conformiteit onzeker of twijfelachtig is, overweeg dan controletests en/of andere methoden om de conformiteit te bevestigen. Uitvoeren van tests kan moeilijk zijn en duur uitvallen: doe dit alleen voor componenten of leveranciers met groot risico. Eis een testverslag van uw leverancier. Overweeg de uitwisseling van conformiteitsinfo met zakenpartners.
- Koester uw eigen "gepaste ijver"!
  Bewaar alle technische bestanden die iets met RoHS te maken hebben minstens vier jaar lang als bewijs van uw "gepaste ijver".

**Bestaat er een centrale gegevensbank met conformiteitsinfo?**
Nee, hoewel een aantal ondernemingen pogingen in die richting hebben ondernomen. Als u conformiteitsinformatie van uw leveranciers krijgt moet u, vooral als het artikelnummer niet gewijzigd is, zeer goed letten op de datum van productwijzigingen en productietijden in de bevoorradingsketen. Niet-conforme producten kunnen nog steeds bij u binnenkomen vele maanden nadat uw leveranciers gestart zijn met de productie van de conforme versie.

**Bestaan er goedkope testmethodes om verboden concentraties te meten?**
Helaas, er bestaat geen eenvoudige en goedkope test op RoHS conformiteit. Omdat de richtlijn maximum concentraties in homogene materialen voorschrijft, moeten eventuele tests op elk van deze materialen afzonderlijk worden uitgevoerd. Dat is heel wat moeilijker dan zomaar het component breken en analyseren. Er zijn diverse testtechnieken beschikbaar. De qua kosten meest efficiënte techniek is wellicht de ED-XRF test, letterwoord voor "Energy Dispersive X-Ray Fluorescence", of kortweg röntgentest. Deze methode is uitermate efficiënt voor het meten van lood-, kwik- en cadmiumconcentraties. Zij kan echter alleen de aanwezigheid van chroom en broom vaststellen en dus zijn er wellicht verdere tests nodig om na te gaan of zeswaardig chroom, PBB of PBDE aanwezig zijn.
Het zal wel duidelijk zijn dat dergelijke tests alleen in gespecialiseerde laboratoria kunnen worden uitgevoerd en onbetaalbaar zijn voor het klein- en middenbedrijf.

# Andere gevolgen

**Inleiding**
Wie denkt aan het woord "solderen" ziet een soldeerbout, twee te verbinden componenten en een rolletje soldeer. Toch is dát standaardbeeld niet het enige waaraan u bij het woord "solderen" moet denken. Soldeer zit immers ook op talloze plaatsen in de elektronica verborgen in componenten en printplaten. Ook op deze gebieden heeft de invoering van de RoHS richtlijnen grote gevolgen gehad.

**Componenten**
De meeste componenten bevatten steeds een hoeveelheid soldeertin. Ook hier moeten dus maatregelen worden

getroffen om lood te vermijden. Als geïntegreerde circuits in hun behuizing worden verpakt worden de contact- of soldeerpunten afgewerkt met een finish die het solderen op de print vereenvoudigt. Loodvrije finishes voor componenten zijn: Sn, Pd, Ni, NiPd, SnCu, SnAg, SnAgCu, SnBi en speciale finishes vervaardigd door componentenmakers op basis van vraag uit de markt.
Betrouwbaarheid speelt ook bij de verpakking van onderdelen een grote rol. Kunststof behuizingen kunnen te lijden hebben van de hogere loodvrije soldeertemperaturen. Gevoeligheid voor vocht speelt ook een zeer belangrijke rol!

**Printed circuits**
Tegenwoordig wordt het koperoppervlak van printen afgewerkt met een laag tin om de soldeerbaarheid in golfsoldeermachines te verbeteren. Ook hier is omgeschakeld naar loodvrije oplossingen. De meeste loodvrije finishes voor PCB's waren al in gebruik, zoals: immersion Sn (white tin), immersion Ag, Ni/Au (Electroless Nickel Immersion Gold), Organic Solder Preservatives (OSP) en Hot Air Solder Level (HASL) met behulp van loodvrije soldeer. Betrouwbaarheidsproblemen voor printplaten zijn dan vooral de compatibiliteit tussen boardfinish en loodvrije soldeer en de stevigheid van de boardfinish. Men heeft inmiddels vastgesteld dat HASL- en Ni/Au-boardfinishes positieve resultaten leveren. Met OSP bleken de resultaten nog niet altijd bijzonder.

**Testen**
Wanneer de microstructuur van lood-tin en loodvrije verbinding wordt geanalyseerd en onderzocht op gevoeligheid voor breken en scheuren dan blijkt dat Sn en Pb een korrelige lamellenstructuur vertonen. De loodvrije microstructuren vertonen onderling weinig verschil tussen Sn, Ag, Cu materialen, er is sprake van intermetallische structuren.

**Produceerbaarheid**
Volgens ACI en andere organisaties is de produceerbaarheid van verbindingen met loodvrije hulpmiddelen haalbaar, gebruikmakend van de bestaand SMT-machines. Aan IPC Klasse 3 betrouwbaarheid kan worden voldaan en testen via een cyclische thermische belasting zoals bij SnPb werkt hetzelfde voor loodvrije soldeer. Wel is de tijd waarbinnen de gesoldeerd moet worden minder lang dan bij SnPb.

**Bestaande elektronica**
Voor onderhoud, reparatie en opwaardering van met "oude soldeer" gesoldeerde componenten met loodvrije soldeer moet rekening gehouden worden met de hogere soldeertemperaturen. Hierdoor kunnen componenten of printen schade oplopen. Ook kan door verontreiniging met lood niet alle loodvrije soldeer toegepast worden. Lood gaat bijvoorbeeld een intermetallische verbinding aan met bismuth, waardoor een legering ontstaat met een smeltpunt van slechts 96 °C. Ook SnAgCu dat is verontreinigd met lood kan leiden tot een zwakke verbinding en daarmee slechte betrouwbaarheid.

# RoHS problemen

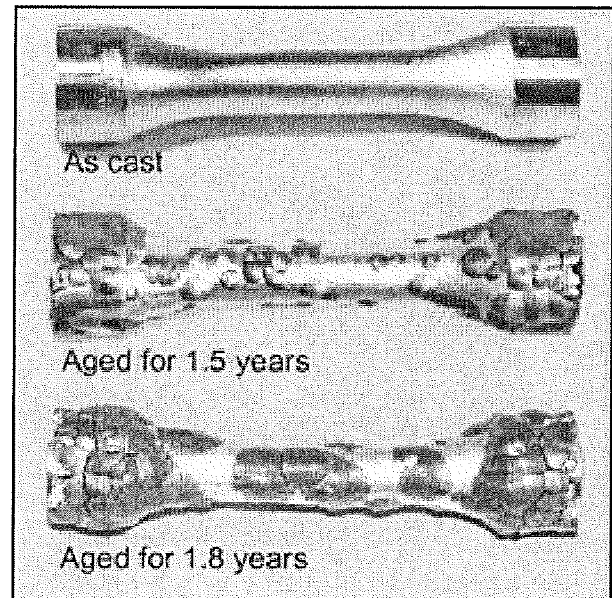
**Inleiding**
De omschakeling van loodhoudende naar loodvrije soldeer heeft ook een aan-

**8.12 Loodvrij solderen en de WEEE en RoHS richtlijnen**

tal nare gevolgen. Bepaalde fysische verschijnselen die zich in tin kunnen voordoen, komen nu opeens heel nadrukkelijk in beeld. Dat houdt verband met het feit dat de nieuwe loodvrije soldeer vrijwel uitsluitend uit tin bestaan. Traditionele lood-tin soldeer bevat veel lood, waardoor de tinkristallen als het ware ingebed zijn in een loodrooster en de nu te bespreken verschijnselen niet kunnen ontstaan.

### Tinpest

Er zijn bronnen op Internet, die beweren dat de elektronica-industrie rekening moet gaan houden met een fysisch verschijnsel dat "tinpest" heet. Tinpest is al eeuwen bekend en vooral archeologen hebben er letterlijk "de pest" aan. Tinnen voorwerpen die in opgravingen worden gevonden, zijn vaak deels of volledig verpulverd. Zuiver tin zal, onder bepaalde omstandigheden, langzaan degenereren tot een fijn poeder. Tin kan namelijk bestaan in twee kristalvormen, waarvan de Beta vorm de normale vorm is. De Alpha kristallijne vorm onstaat bij lage temperaturen en heeft een poederachtige structuur die gepaard gaat met 25 % volumevergroting. Dit proces start bij temperaturen onder +13 °C, met name bij het optreden van mechanische spanning en op scherpe punten. Tinlegeringen zoals toegepast in loodvrij solderen, met name Sn-Cu, bevatten zeer weinig toevoegingen en bestaan vrijwel uit zuiver tin. Het gevolg hiervan is dat deze niet vrij zouden zijn van het fenomeen tinpest. Dit is een groot risico voor producten die moeten functioneren bij lage temperaturen, of bij lage temperaturen worden opgeslagen. In figuur 3/8.12-2 is een mooi voorbeeld gegeven van het verschijnsel tinpest.




**Figuur 3/8.12-2:** Het verschijnsel tinpest in een legering van tin met 0,5 % koper en bij een temperatuur van -18 °C.

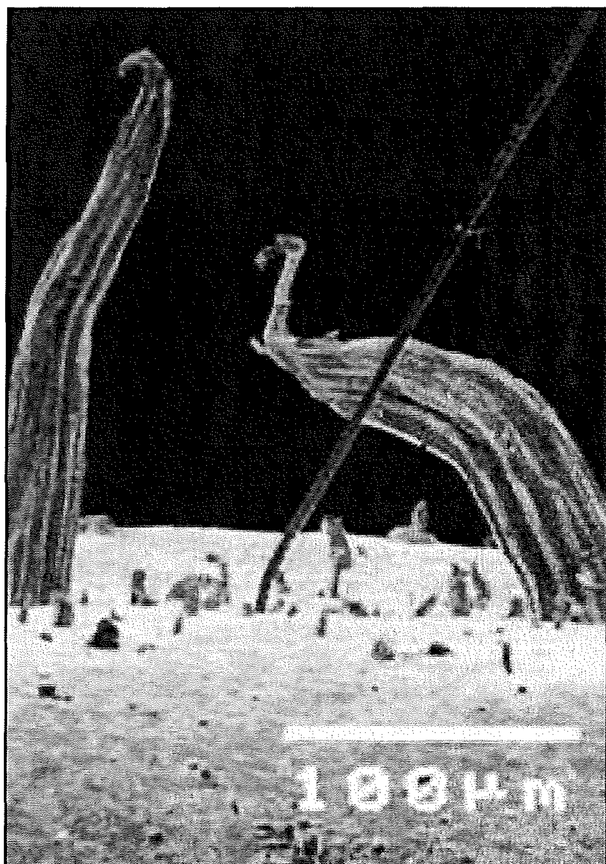
### Tin whiskers

Tin whiskes zijn, zie figuur 3/8.12-3, erg dunne haarkristallen van tin waarvan men heeft vastgesteld dat ze meestal groeien uit lagen van zuiver tin. Gewoonlijk vormen zij geen enkel probleem, maar in afgebroken toestand kunnen zij kortsluiting veroorzaken bij componenten met verbindingen op zeer geringe afstanden. Fabrikanten van componenten zijn ervan overtuigd dat de moderne fabricageprocessen dit probleem beduidend hebben verkleind.

### Tomb stoning

Dit probleem, zie figuur 3/8.12-4, wordt veroorzaakt wanneer een component over lagen soldeer met verschillende smeltpunten wordt geplaatst. Naarmate het soldeer hard wordt doet het verschil in oppervlaktespanning het onderdeel opzij of omhoog trekken, van een van de lagen vandaan.

**8.12 Loodvrij solderen en de WEEE en RoHS richtlijnen**

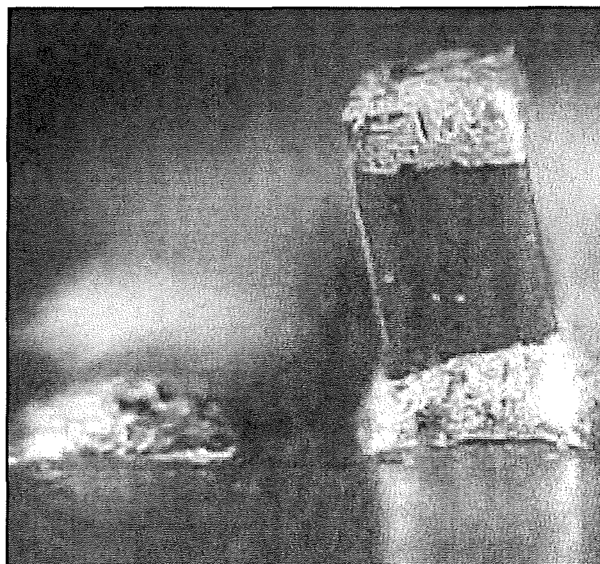



**Figuur 3/8.12-3:** Een fraaie illustratie van het ontstaan van "tin whiskers" uit een oppervlak van zuiver tin.

In extreme gevallen zal de component dan niet langer meer in contact met het soldeermiddel zijn en rechtop komen te staan (vandaar de benaming "grafzerk"). Dit fenomeen doet zich weliswaar ook voor met tin-lood soldeer, maar treedt nog vaker op met loodvrije soldeer.

**Popcorning**

Heel wat componenten bevatten van nature uit een zeker vochtgehalte. Bij snelle opwarming wordt het vocht in stoom omgezet. Als de stoom niet snel genoeg kan ontsnappen, kan de druk het onderdeel beschadigen, waarbij het profiel opgeblazen wordt.



**Figuur 3/8.12-4:** Het ontstaan van een "tomb stone" op een print.

# Het nieuwe solderen

**Heet stoken!**

Lood is dus niet meer toegestaan in soldeer voor de meeste toepassingen die onder de RoHS wetgeving vallen (met een erg klein aantal vrijstellingen). Een herziening van soldeertechnieken wordt dus noodzakelijk.

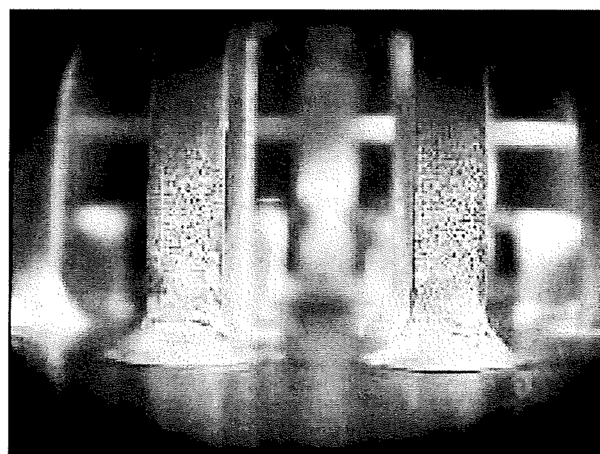
Op de eerste plaats moesten nieuwe legeringen worden gezocht én onderzocht die de oeroude lood-tin soldeer kunnen vervangen. Meer dan honderd legeringen werden als kandidaat naar voren gedragen en beoordeeld, maar geen enkele daarvan vormde een volwaardig alternatief. De populairste loodvrije legeringen smelten bij een temperatuur die bijna 40 °C boven het smeltpunt van lood-tin soldeer ligt. Dat lijkt niet veel, maar een heleboel in de elektronicafabricage gebruikte materialen kunnen deze 40 graden temperatuurstijging nét niet hebben zonder te vervormen, te verbranden of plastisch te worden.

### 8.12 Loodvrij solderen en de WEEE en RoHS richtlijnen

De meest gebruikte alternatieve soldeersoorten zijn gebaseerd op een legering van tin, zilver en koper. Ze worden vaak SAC-legeringen genoemd, naar de Latijnse letterafkortingen van tin (Sn), zilver (Ag) en koper (Cu). Ze worden gekenmerkt door ruime procesmogelijkheden en een geringe vervormingsfactor en bieden een goede thermische moeheidsweerstand. Toch zijn er andere legeringen beschikbaar die zich op specifieke voordelen kunnen beroepen.
Hieronder vindt u enkele hoofdverschillen tussen een SAC-legering en het vertrouwde lood/tin soldeer:
- ze hebben allemaal een behoorlijk hoger smeltpunt;
- ze hebben een geringere bevochtigingsgraad, waardoor ze gemakkelijker van een soldeerpunt "afrollen";
- ze vormen een harder verbindingspunt;
- als een soldeerverbinding is gemaakt krijgt het soldeer een dof/mat uiterlijk, waardoor de verbinding lijkt op een slecht uitgevoerde lood-tin soldeerverbinding, zie figuur 3/8.12-5;
- de nieuwe soldeersoorten kunnen een ander of actiever vloeimiddel vereisen.

**Smelttemperaturen**
In het onderstaande overzicht vergelijken wij de smelttemperaturen van "ouderwets" lood-tin soldeer met een paar van de beschikbare loodvrije alternatieven:
- tin-lood (SnPb):
  183 °C
- tin-zilver-koper (SnAgCu):
  217 °C
- tin-zilver-koper-antimoon (SnAgCuSb):
  217 °C
- tin-zilver (SnAg):
  221 °C
- tin-koper (SnCu):
  227 °C

U moet uw soldeertip dus minstens een graad of veertig heter stoken!



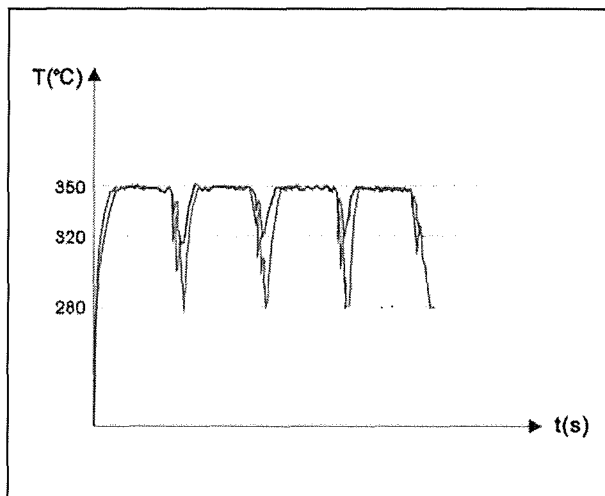
**Figuur 3/8.12-5:** Een poging tot het vatten van het dof-matte uiterlijk van een goede verbinding met loodvrije soldeer op een foto.

**Alternatieven**
De nieuwe "Electrically Conducting Adhesives" (ECA's), elektrisch geleidende hechtmiddelen, vormen een alternatief voor de nieuwe soldeersoorten, maar worden tot dusver nog alleen maar in nichetoepassingen gebruikt en zijn op dit moment ook zeer kostbaar.

**Soldeerbouten**
Omdat bij loodvrij solderen de temperatuur hoger moet liggen, is het verstandig om er bij de aanschaf van een soldeerbout op te letten dat de temperatuur hoog genoeg ingesteld kan worden. De huidige Weller WSD80 en WSD81 soldeerbouten zijn bijvoorbeeld al aangepast aan de vereisten van het loodvrij solderen.

**8.12 Loodvrij solderen en de WEEE en RoHS richtlijnen**

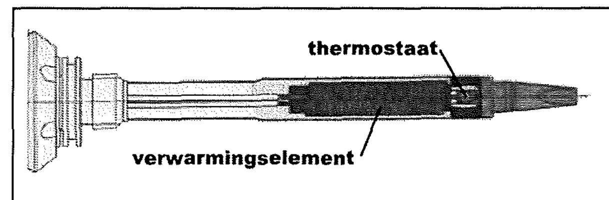
Bij soldeerbouten die werken met een thermostaat is van belang dat het inschakelpunt van de thermostaat niet te laag ligt. Dit wordt toegelicht aan de hand van figuur 3/8.12-6. De temperatuur van de stift van een thermostatisch geregelde bout gaat op en neer. Bij bouten die geschikt zijn voor lood-tin soldeer kan de temperatuur van de stift zonder problemen zakken tot 280 °C. Voor de moderne loodvrije soldeersels is deze temperatuur echter te laag, de minimale temperatuur moet ongeveer 320 °C bedragen. Kortom, de in- en uitschakeltemperaturen van bouten die geschikt zijn voor loodvrij solderen moeten veel dichter bij elkaar liggen.




**Figuur 3/8.12-6:** Het temperatuursverloop in de stift van een thermostatisch geregelde soldeerbout.

## De soldeertip

In goedkope soldeerbouten zit het verwarmingselement in het dikke handvat en wordt de opgewekte warmte via een dikke koperen stift naar de soldeertip gevoerd. Dergelijke bouten zijn niet zo geschikt voor het werken met loodvrije soldeer. Bij goede soldeerbouten zit het verwarmingselement in de tip, zie figuur 3/8.12-7, waardoor de warmteoverdracht optimaal is en er nauwelijks thermische verliezen zijn tussen het verwarmingselement en de soldeer.




**Figuur 3/8.12-7:** Bij goede soldeerbouten zit het verwarmingselement én de thermostaat zo dicht mogelijk bij de punt van de stift.

## Handmatig solderen

Het omschakelen van solderen met loodhoudende tin naar solderen met loodvrije tin eist een paar aanpassingen aan uw werkwijze.

- Loodvrij solderen gebeurt bij een hogere temperatuur dan loodhoudend solderen en vergt, zoals vermeld, een groter vermogen. Bij voorkeur wordt er een soldeerstation van 80 W gebruikt.
- Het is belangrijk om de component en het eilandje eerst op te warmen met de soldeerbout, alvorens soldeertin toe te voegen. Als u het tin vanaf het begin toevoegt, verbrandt de flux en krijgt u gegarandeerd een slechte verbinding.
- Loodvrij en loodhoudend solderen moet ook strikt gescheiden gebeuren, bij voorkeur door deze activiteiten op verschillende werkplekken uit te voeren en minimaal door afzonderlijke punten te gebruiken voor de beide soorten soldeertin.
- Componenten en printen die origineel loodhoudend vertind en/of gesoldeerd zijn, moeten ook loodhoudend gesoldeerd en/of hersteld wor-

**8.12 Loodvrij solderen en de WEEE en RoHS richtlijnen**

den. Bij gebruik van loodvrij soldeertin op loodhoudend vertinde componenten en eilandjes kan de verbinding na verloop van tijd gewoon loskomen.

**Belangrijke opmerking**
Hoewel loodvrije producten bij afbraak en recyclage milieuvriendelijker zijn dan loodhoudende, zijn de dampen die bij loodvrij solderen vrijkomen gevaarlijker dan deze bij loodhoudende soldering. De vluchtige bestanddelen in de toegepaste harsen en fluxen zijn bijtender en de diameter van de rookpartikels is kleiner, waardoor deze bij inademing veel gemakkelijker opgenomen worden. Afzuigapparatuur wordt dus absoluut noodzakelijk indien u dagelijks soldeert.

## 8.12 Loodvrij solderen en de WEEE en RoHS richtlijnen